

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

POŽADOVANÁ PEVNOST SPOJE U VÝROBY PADÁKU
PRO PARAGLIDING A JINÉ MOŽNOSTI VYTVOŘENÍ
SPOJE MATERIÁLU

DESIRED SEAM STRENGTH AT PRODUCTION OF PARACHUTES
FOR PARAGLIDING AND OTHER SUGGESTIONS FOR CREATION
OF MATERIAL SEAM

LIBEREC 2009

MARTINOVSKÁ VĚRA
KOD/2009/06/31 MS

P r o h l á š e n í

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem v práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

Souhlasím s umístěním diplomové práce v Univerzitní knihovně TUL.

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 (školní dílo).

Beru na vědomí, že TUL má právo na uzavření licenční smlouvy o užití mé diplomové práce a prohlašuji, že **s o u h l a s í m** s případným užitím mé diplomové práce (prodej, zapůjčení apod.).

Jsem si vědom toho, že užít své diplomové práce či poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem TUL, která má právo ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, vynaložených univerzitou na vytvoření díla (až do jejich skutečné výše).

V Liberci, dne 18.5. 2009

.....

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Touto cestou bych ráda poděkovala panu Ing. Františku Havlíčkovi za vedení a četné rady při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych ráda poděkovala firmě Easy Fly s.r.o. v Prostějově za poskytované cenné informace. Poděkování patří především panu Tomáši Braunerovi, který i přes svoje pracovní povinnosti a sportovní paraglidingové létání potřebné k dalšímu rozvíjení své firmy, byl vždy nápomocen jakýmkoliv mým dotazům a otázkám.

ABSTRAKT

Tématem této diplomové práce je požadovaná pevnost spoje u výroby padáků pro paragliding. V úvodu této práce dochází k rešerši zaměřené na paragliding, a to od historie paraglidingu, přes obecné seznámení s jednotlivými součástmi padáku až k testování. Poté následuje zaměření na záložní padáky, jejich základní rozdělení a obecná charakteristika. Testování jsou další kapitoly, které následují. Praktická část diplomové práce charakterizuje materiály používané pro výrobu kluzáků, analyzuje výrobu záložních padáků a následně se zabývá měřením pevností materiálů a švů v kombinaci s různými druhy nití. Závěrečná část diplomové práce vyhodnocuje výsledky z hlediska požadované pevnosti spojů.

ABSTRACT

The topic of this diploma thesis is the desired seam strength at production of parachutes for paragliding. In the introduction there is a search concerning paragliding, which is history of paragliding, general description of parachutes' components, and their testing. Further the thesis is directed at emergency parachutes, their basic categorisation and general characteristic. Chapters concerning testing follow. The practical part describes materials used for production of paragliders, analyzes production of emergency parachutes and deals with testing of the material and seam strength when used different kinds of threads. The final part of the thesis evaluates the results of testing from the point of the desired seam strength.

KLÍČOVÁ SLOVA / KEY WORDS

Paragliding, záložní padák, pevnost spoje, pevnost materiálu

Paragliding, emergency parachute, seam strength, strength of material

OBSAH

ÚVOD	7
1. HISTORIE A VÝVOJ PADÁKOVÉHO KLUZÁKU	9
1.1 Vývoj ve světě.....	9
1.2 Vývoj v Česku.....	13
2. PADÁKOVÝ KLUZÁK.....	14
2.1 Kategorie kluzáků	14
2.2 Dynamika letu	15
2.3 Popis jednotlivých částí	16
2.3.1 Vrchlák	16
2.3.2 Šňůry a vyvázání.....	18
2.3.3 Popruhy	19
2.4 Výcvik pilota.....	20
2.5 Péče o kluzák	20
2.5.1 UV záření	21
2.5.2 Mechanické namáhání	21
2.5.3 Mechanický otěr.....	21
2.5.4 Vlhkost	21
2.6 Testování kluzáků	22
2.6.1 Pevnostní test	22
2.6.2 Letový test.....	23
3. ZÁLOŽNÍ PADÁK	25
3.1 Kategorie záložních padáků	25
3.2 Charakteristika záložního padáku	27
3.3 Použití a simulace odhození.....	29
3.4 Umístění záložního padáku	30
3.5 Pravidelná údržba.....	31
3.6 Testování záložního padáku.....	32
3.6.1 Podmínky pro testování	32
3.6.2 Druhy testů.....	33
4. STUDIE MATERIÁLU A VÝROBNÍ PROCES.....	35
5. ANALÝZA VÝROBY ZÁLOŽNÍHO PADÁKU.....	38
6. ROZBOR PEVNOSTÍ JEDNOTLIVÝCH MATERIÁLŮ	41
6.1 Charakteristika materiálů	41
6.2 Měření pevnosti materiálů a jejich porovnání	41
6.2.1 Materiál PN9	42
6.2.2 Materiál 9082	44
6.2.3 Shrnutí.....	45

7. ROZBOR PEVNOSTI ŠVŮ A ZPRACOVÁNÍ	47
ALTERNATIVNÍHO ŘEŠENÍ	47
7.1 Měření pevnosti švů s nitěmi Heda.....	47
7.1.1 Materiál 9082	47
7.1.2 Materiál PN9	49
7.1.3 Shrnutí.....	51
7.2 Alternativní řešení s nitěmi Synton.....	53
7.2.1 Materiál 9082	54
7.2.2 Materiál PN9	55
7.2.3 Shrnutí.....	57
7.3 Zhodnocení nití pro testované švy	59
7.3.1 Analýza pevnosti nití	59
7.3.2 Analýza pevností švů s danými nitěmi	60
ZÁVĚR	63
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	
SEZNAM PŘÍLOH	

ÚVOD

Paragliding je nejsnazší cesta, jak vstoupit na oblohu. Skoro se dotýkat mraků a nechat se opájet vědomím, že se díváte na věci hodně s nadhledem. Ve výškách vzdálených od země se prý najednou zdá být vše jasné jako pohled, který máte pod nohama. Jen s křídlem nad hlavou a vysoko nad zemí. Paragliding je svobodná zábava svobodných lidí jakéhokoliv věku, se kterými je možné se setkat v kterékoliv zemi. Paragliding je o sportovním létání, plachtění a stoupání ve vzdušných proudech, na rovině i v horách. Stačí dostatek nadšení, odvahy a dostatečná míra znalostí a vzhůru do oblak.

Paragliding je v současnosti čím dál více oblíbený, doslechnout se o něm od lidí, kteří ho provozují je daleko snazší než dočíst se o něm v odborných literaturách. Asi se více létá a plachtí než píše. Asi je toho více na koukání z té výšky než na psaní. Paragliding je totiž velmi mladý sport a knihovny se ještě o něm nestačily naplnit literaturou.

Základem paraglidingu je padákový kluzák neboli křídlo, které je pomocí šňůr uchopeno k postroji, ve kterém sedí paraglidingový fanoušek. Pilot je samozřejmě vybaven záložním padákem. Toto jsou stručně řečeno hlavní prvky paraglidingu.

V rámci této diplomové práce bude s ohledem na téma, které zní požadovaná pevnost spoje u výroby padáků pro paragliding a jiné možnosti k vytvoření spoje materiálu, blíže pojednáno o záložním padáku. Patří mezi základní prvky paraglidingového vybavení a nabízí ještě neprozkoumané a nevyzkoušené oblasti.

Úvodní část této diplomové práce slouží k objasnění paraglidingu jako obecné teorie a je zde ponechán prostor historii a vývoji padákového kluzáku a padáků. Padákovým kluzákům je věnována následující kapitola, v níž je uveden konkrétní popis padákového kluzáku, rozdělení a seznámení s jeho jednotlivými prvky, které jsou dále rozebrány z hlediska účelu. Tato část teorie zahrnuje i informace o běžné údržbě a výcviku pilota a samotném testování padákového kluzáku.

Třetí kapitola teoretické části se zaměřuje na záložní padák, který je v praktické části předmětem testování a s nímž se tato práce podrobněji zabývá. Opět dochází k základní kategorizaci, charakteristice a popisu testování těchto záložních padáků.

V následující kapitole je provedena analýza výroby záložního padáku spolu s rešerží zaměřenou na materiál použitý pro výrobu záložních padáků. Další kapitola pak přináší formulaci problematiky a navrhuje směr možnosti řešení.

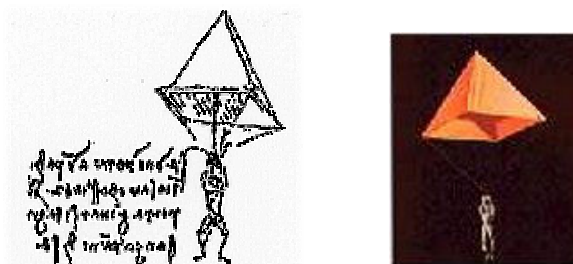
Diplomová práce logicky vyúsťuje v praktickou část, ve které dochází k řadě měření, k ověřování navrhnutého řešení a zanalyzování výsledků. Jedná se o měření pevnosti materiálu, pevností spojů v kombinaci s různými druhy nití. Z dosažených výsledků je vyvozen závěr.

1. HISTORIE A VÝVOJ PADÁKOVÉHO KLUZÁKU

1.1 Vývoj ve světě

Touha člověka létat je stará jako lidstvo samo. První dochované zprávy o pokusech člověka vzlétnout pocházejí již ze starověku, kdy se několik více či méně učených pánů vrhlo na konstrukci létajících strojů těžších vzduchu. Geniální konstruktéři této éry měli poměrně krátkou životnost. Pokud se nezabili v rámci zalétávání svého prototypu, skončili dříve nebo později coby čarodějové na hranici. Pokrok to však nezastavilo. [2]

Sledujeme-li stopy historie padáků, musíme se vrátit o téměř 1 000 let zpět. Prvním národem, který používal cosi, co připomínalo padák, byli Číňané, kteří byli viděni portugalskými mořeplavci, jak skákají z vysokých věží za pomoci jakýchsi deštníků. První známé zobrazení padáku nalézáme ve skicách Leonarda da Vinci z roku 1514. Z obrázku 1 vyplývá, že by muž mohl seskočit tímto padákem z věže nebo hořící budovy. Pokud je však známo, zůstalo pouze u této skici. [8]



Obr. 1 Původní návrh padáku Leonarda da Vinci a jeho rekonstrukce [8]

Téměř o sto let později publikoval myšlenku padáku matematik Fausto Veranzino. Jeho „brzdič pádu“, jak svůj padák nazýval je zachycen na obrázku 2. Svoje myšlenky realizoval několika skoky z věže v Benátkách v roce 1595. [9]



Obr. 2 Fausto Veranzino naskicoval jeden z prvních padáků v 1595. [9]

S historií padáku však bývá častěji spojován francouzský fyzik, současník Montgolfiérů, Louis Sebastien Lenormand, který na padáku své vlastní konstrukce, pro který objevuje název “parachute”, v roce 1783 úspěšně seskočil z věže pařížské observatoře. [8]

Balónové létání přispělo značnou měrou k dalšímu vývoji padáku. S hrozícími haváriemi balónů se hledal způsob, jak pomoci zachránit lidské životy v případě selhání balónu. Padák tak začal nabývat významu k tomuto účelu více než vhodného. Do této doby se padáky vyráběly z ložního prádla natáhnutého přes dřevěný rám. Jeden z nejznámějších balónových letců, Francouz Jean Pierre Blanchard se proslavil i jako pokračovatel ve výrobě padáků po tom, co nahradil dosavadní materiál hedvábím. Předpokládal, že kombinací síly a lehkosti tohoto materiálu by mohl posunout vývoj padákového létání kupředu. Jeho úspěšné pokusy z roku 1793, kdy z balónu shazoval různá zvířata umístěná v košíku opatřeném padákem toto prokázaly. Mezi shazovanými zvířaty se objevil i jeho pes, natolik své hypotéze důvěřoval. V roce 1795 poprvé sám seskočil z balónu a své skoky předváděl posléze i v Anglii. Za jeho největší trumf bývá považován skok z přibližných 2 400 m. [8]

Také dalším mužem, který významně ovlivnil historii a položil základy k rozvoji použitelného seskokového padáku byl Francouz. Jmenoval se Andre-Jacques Garnerin. Vydělával si na živobytí tím, že jezdil po venkově a na poutích a různých oslavách předváděl různé atrakce. On i celá jeho rodina patřili k nadšencům létání. V roce 1797 si vybral vhodné místo (tehdy) na okraji Paříže a 22. října tam předváděl svůj let. Let začal v 17,28 h a balón brzy dosáhl výšky 700m. V tu chvíli balón explodoval. Diváci odvrátili hlavu od výbuchu a domnívali se, že je to Garnerinův konec. Po chvíli ale uviděli svého hrdinu, jak se snáší na 36 provazech domácího vyrobeného padáku o průměru 10m. Padák však tehdy ještě nebyl ovladatelný, a tak Garnerin přistál asi kilometr severně od místa startu. [8]

Garnerinův pokus byl významný z několika důvodů. Jeho padák byl deštníkovitého tvaru. Tím se odlišoval od všech svých předchůdců, jejichž padáky měly tvar více méně jehlanovitý. Revoluční bylo i to, že jeho padák nebyl – jako u jeho předchůdců – trvale otevřen. Nicméně vážným problémem byly veliké a nebezpečné oscilace, které stlačený vzduch způsoboval. On i jeho současníci se snažili najít příčinu těchto oscilací a problém odstranit. Podařilo se to až roku 1802 Garnerinovu příteli Lalandovi. Řešení bylo velmi jednoduché. Stačilo ve středu vrchlíku zhotovit díru. Vzduch se tak usměrnil, oscilace zmizely. [8]

O další vylepšení padáku se postaral opět Francouz, tentokrát to byl Bourget v roce 1804. Do té doby se používaly výhradně padáky s dřevěnou kostrou, která je držela otevřená. Bourget při seskoku v Německu použil padák, který byl složený a v otevřeném stavu ho držel tlak vzduchu při seskoku. Na vývoji padáku tohoto typu se pokračovalo a v roce 1887 americký kapitán Thomas Baldwin představil v USA hedvábný padák s vrchlíkovým otvorem. [8]

Tyto konstrukce ještě nebyly dostatečně vyspělé a lidské vědění ohledně aerodynamických zákonitostí letu mělo tehdy ještě hodně velké nedostatky. V roce 1890 německá dvojice “exhibičních skokanů”, Paul Letteman a jeho kolegyně Kaethe Paulus poprvé předváděli použití složeného padáku sbaleného do vaku. Tato novinka se však ujala až mnohem později, při seskocích z letadel. [1]

Podobně to dopadlo s další novinkou. Všechny padáky používané do té doby byly – dnes bychom řekli – automatické. Jinými slovy řečeno, byly otvírány nuceně, bez vlivu skákajícího. Leo Stevens navrhl v roce 1908 padák, který mohl být otevřen skákajícím zatažením za provaz. [8]

Mezníkem ve vývoji padáků však byl začátek roku 1911, kdy obdržel patent na padák nové konstrukce italský vynálezce Pino. Základní myšlenka jeho vynálezu spočívala v tom, že se otevře nejprve malý padáček, který pak z parašutistova “ruksaku” vytáhne a otevře nosný padák. Jak je známo, tento způsob se používá dodnes. [8]

Během poválečných let se dospělo k optimálnímu řešení padáku, který se pak už příliš neměnil.



Obr. 3 Barish plachetní křídlo, Hunter Mountain 1965 [9]

V šedesátých letech experimentoval na téma svahového létání s padákem německý inženýr Dieter Strasilla. V roce 1974 přivedl na svět svou vlastní konstrukci klouzavého padáku nazvanou Sky Wing, ovládanou tahem za dlouhatánské popruhy spojené s postrojem v jednom centrálním závěsu. Jiný příklad experimentu lze vidět na obrázku 3, tentokrát v podání Barishova plachetního křídla. [1]

Ve Velké Británii se zase počátkem sedmdesátých let zformovala skupina nadšenců, kteří založili Britskou asociaci parasailingu, který lze považovat za předchůdce paraglidingu. Při parasailingu se lidé nechali vozit vysoko nad zemí, připoutáni k bezpečnému zařízení a taženi např. motorovým člunem. Tuto atrakci, někdy nadneseně nazývanou sportem, objevíte v přímořských letoviscích po celém světě dodnes. [1]

Díky výborným vlastnostem nových padáků - křídel se tato činnost stávala stále populárnější. Z pasažérů, kteří se nespokojili s pasivním letem za tažným zařízením se stali rychle piloti – ve výšce se od vlečného lana odepnuli a soutěžili v přistání na přesnost. I tady se ovšem brzy vyskytly pokusy o starty ze svahu. John Barbor a Andrew Crowley, kteří vyráběli seskokové padáky, šli touto cestou a později se stali jedněmi z prvních britských instruktorů. Založili vlastní klub a v roce 1979 u příležitosti světového šampionátu v závěsném létání předvedli svůj sport veřejnosti. V roce 1982 už klub provozoval profesionální školu. Stále se ale létalo s vysloužilými seskokovými padáky. [1]

Laurent de Kalbermatten v sobě spojoval schopného obchodníka, konstruktéra a nadšence. Roku 1985 zkonstruoval první skutečný padákový kluzák a zakrátko jej firma Ailes de K vyráběla po stovkách. Rok 1985 je tedy možno považovat za skutečný počátek paraglidingu. [1]

V roce 1986 zkonstruoval Paul Amiel kluzák, který se tvarem nijak nelišil od běžného standardu své doby, více než křídlo však připomínal jakousi nepovedenou nafukovací matraci, ale přesto znamenal značný technický pokrok. Látka, ze které byl tento typ vyráběn byla opatřena zátěrem, takže nepropouštěla vzduch. Díky tomu došlo k prvnímu výraznému zvýšení výkonnosti padákových kluzáků. [1]

V roce 1988 se na obloze objevily první kluzáky s elipsovitým tvarem vrchlíku a zlepšené aerodynamické vlastnosti měly za následek druhé pronikavé zvýšení výkonů. V této době začal skutečný rozmach paraglidingu. Objevovali se noví a noví výrobci kluzáků i speciálního vybavení - přileb, postrojů, kombinéz, přístrojů apod. [1]

Nejvíce se samozřejmě novému způsobu létání dařilo tam, kde byly k jeho provozování vhodné podmínky. Alpy se ukázaly jako přímo ideální. Proto se také paragliding nejvíce rozvíjel nejprve ve Francii a Švýcarsku a poté v Itálii, Rakousku a Německu. V tomto období, tj. kolem roku 1988 začalo být také jasné, že bude potřeba padákové kluzáky začít rozdělovat do různých kategorií, podle jejich letových vlastností a z nich vyplývajících požadavků na pilotovy zkušenosti a zručnost. [2]

Paraglidingu se dnes v Evropě, kde je nejvíce rozšířen, věnuje přes 100 000 pilotů. Firmy vyrábějící padákové kluzáky se počítají na desítky. Byly vyvinuty nové materiály, technologie a konstrukční přístupy, které vyhnaly výkonnost opět výše. Padákové kluzáky dnešní doby disponují vysokou klouzavostí, která se v průběhu vývoje více jak zdvojnásobila. [1]

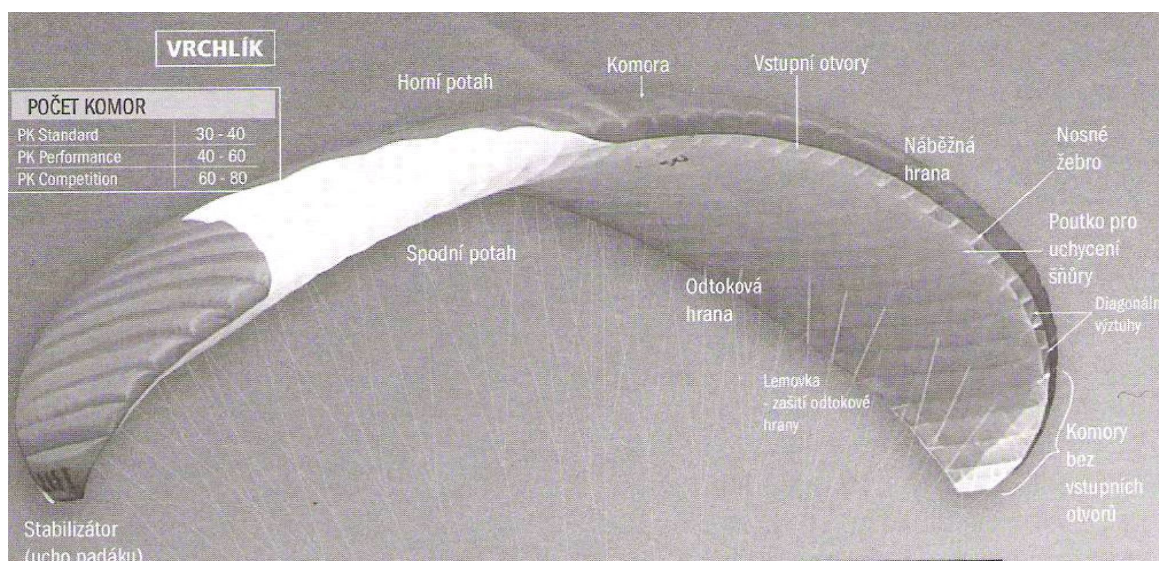
1.2 Vývoj v Česku

Prvními piloty byli povětšinou horolezci, kteří se s paraglidingem setkávali na svých zahraničních výpravách. V roce 1987 vznikla první domácí konstrukce. Jejím autorem byl Ing. Josef Tesař, který měl s padáky dostatek zkušeností z vývoje seskokových typů. Kluzák nesl název Alka a po konstrukční stránce byl typickým představitelem prvních padákových kluzáků. Sériově jej vyráběli v Krasu Chornice. V roce 1988 vznikly první směrnice pro výcvik a po roce 1989 se podmínky pro rozvoj paraglidingu výrazně zlepšily a začala vznikat řada výrobců i škol. [1]

Velkým problémem pro rozvoj domácí výroby byl na počátku devadesátých let materiál. Ten zahraniční se zdál být pro domácí podmínky příliš drahý a přestože Kras Chornice zahájil výrobu domácí tkaniny Uparnis, nebyl kvůli jeho nižší kvalitě o něj až takový zájem. Řada výrobců proto nakonec přeci jen vyřešila tento problém používáním kvalitních zahraničních tkanin a šňůr a v současnosti již výroba ze zahraničních materiálů převládá. [1]

2. PADÁKOVÝ KLUZÁK

Padákový kluzák je letadlo těžší vzduchu, u kterého není tvar nosné plochy určován tuhou konstrukcí a který nemá více jak dva členy osádky. Tak zní základní definice. Můžeme jej rozdělit na tři základní části, a to vrchlík, který je popsán na obrázku 4, šňůry a popruhy. Všechny tři součásti jsou na sobě vzájemně závislé a změna kterékoliv z nich může vést k nečekanému chování za letu. [1]



Obr. 4 Popis vrchlíku [3]

2.1 Kategorie kluzáků

Paraglidingová křídla se dle francouzské normy Afnor dělí do několika skupin podle náročnosti pilotáže:

- Standard
- Performance
- Competition
- Tandem

Kategorie STANDARD nabízí používání základního typu padákového kluzáku. S tímto typem se provádí výcvik pilotů a dále na něm létají rekreační piloti, kteří dávají přednost bezpečí ve vzduchu. Jejich výkon je ze všech bezpečnostních tříd nejnižší,

umožňují však létat velmi dobré přelety s dostačujícím výkonem a poměrně snadnou pilotáží. Tyto padáky jsou označovány A.

Kategorie PERFORMANCE je určena pro piloty, kteří létají velmi často a mají s létáním již nějaké zkušenosti, nesou označení B. Padákové kluzáky této kategorie jsou výkonnější, rychlejší, ale také náročnější na pilotáž než padákové kluzáky kategorie standard. Tvarově se padáky B od padáků A liší zejména vyšší štíhlostí. Padáky třídy performance mají tedy oproti standardu větší rozpětí a křídlo je užší.

Kategorie COMPETITION je určena pro soutěžní piloty, kteří aktivně létají rychlostní přeletové soutěže. Padákové kluzáky této kategorie jsou velmi náročné na pilotáž a pilot musí prokázat velmi dobré znalosti a zkušenosti, aby získal pilotní licenci na tento typ křidel. Jedná se o nejštíhlejší, nejrychlejší a nejlépe klouzající padáky.

Kategorie TANDEM je určena pro zkušené piloty, kteří mohou v sedačce před sebou vozit jednoho pasažéra. Pilotovat tandemový kluzák může jen člověk k tomu účelu řádně vyškolený a přezkoušený. [3] [12]

2.2 Dynamika letu

Padáky typu křídlo se ve vzduchu chovají jako křídlo letounu, tzn. nejen brzdí pád dolů odporem vzduchu, ale také vytvářejí při pohybu vpřed podtlak nad svou vrchní stranou. Výsledná vztlaková síla pak způsobuje, že padák klouže vpřed. Padák je tak možno relativně dobře řídit, manévrovat, létat proti větru. [1]

Letové vlastnosti padáku (např. klouzavost, stabilita) závisí na profilu křídla. Tedy na poměru jeho délky, šířky, hloubky a na tvaru jeho průřezu. Dále také hraje roli materiál vrchlíku (nejen jeho kvalita, ale také jeho opotřebení, které zvyšuje propustnost látky a zhoršuje letové vlastnosti), stříh, počet a umístění nosných šňůr. Letové vlastnosti jsou ovlivňovány i počtem a tvarem komor a kanálů, které nafukují padák do výsledné podoby. Důležitým faktorem je i zatížení padáků - tedy hmotnost pilota ve vztahu k ploše padáku. [1]

Při pohybu vrchlíku vzduchem se do jeho nitra vhání vzduch, který ho tak tvaruje do leteckého profilu. Díky rozdílným rychlostem vzduchu proudícího nad vrchní a pod spodní plochou vzniká aerodynamická síla, která umožňuje říditelný let. Vzhledem k tomu, že padákový kluzák využívá dynamických účinků proudění vzduchu k tvarování křídla, říká se, že křídlo není tuhé a v letové praxi se předpokládá využití

této vlastnosti i k záměrným deformacím vrchlíku, které jsou někdy důležité k opětovnému regenerování tvaru křídla. [10]

Pilot ovládá padákový kluzák pomocí řídících šňůr, tzv. řidiček. Řidičkami se stahuje zadní odtoková hrana kluzáku, čímž se mění čelní odpor kluzáku na té straně, na které byla stažena řidička. Řízení kluzáku a změnu směru letu lze provádět řidičkami jen v horizontální rovině, padákový kluzák nemůže sám od sebe stoupat. Ke stoupání a získání výšky se využívají stoupavé vzdušné proudy. Stoupavé vzdušné proudy mohou být mechanické, tzn. na návětrné straně kopce je vzduch nucen proudit vzhůru nebo termické, kdy vzduch ohřátý od zemského povrchu stoupá vzhůru. [10]

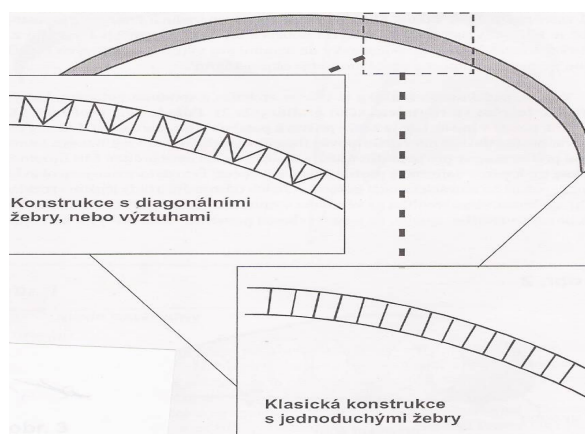
2.3 Popis jednotlivých částí

2.3.1 Vrchlík

Vrchlík padákového kluzáku je tvořen vrchním a spodním potahem, který je přišit k žebřům ve tvaru leteckého profilu (viz obrázek 5). Požadovaný profil má však vrchlík pouze v místě, kde je žebro přišito k potahu. V prostoru mezi dvěma žebry je tvar profilu do jisté míry deformován tlakem vzduchu uvnitř vrchlíku. Na žebrech jsou přišity úchyty pro jednotlivé šňůry. Každá z nich nese určitou část hmotnosti pilota a tak mírně deformuje profil v místě uchycení. Tyto deformace jsou obzvlášť dobře patrné na kluzácích starší generace. Jejich odstranění a tedy lepšímu rozkladu tíhy do konstrukce vrchlíku se věnovala v minulosti velká pozornost. Pohledem dovnitř vrchlíku lze zjistit, že jsou v žebrech poměrně velké otvory a také výztuhy zhotovené z materiálů o poznání pevnějšího a tvrdšího než vrchlík. Výztuhy jsou přišity k žebřům v místech uchycení šňůr a jejich účelem je rozložit tah šňůr na vrchlík rovnoměrněji. Smyslem otvorů v žebrech je vyrovnávání tlaku vzduchu uvnitř vrchlíku a to je pro bezpečné létání s padákovým kluzákem nezbytné. [1]

V posledních letech se v konstrukci vrchlíků stále více uplatňují tzv. diagonální prvky, které jsou pro lepší představu rovněž načrtnuty na obrázku 5. Jedná se buď o celá žebra nebo segmenty, které rozkládají tah jednotlivých nosných šňůr do větší části vrchního potahu. Díky diagonálním výztuhám bylo možné snížit počet šňůr. [10]

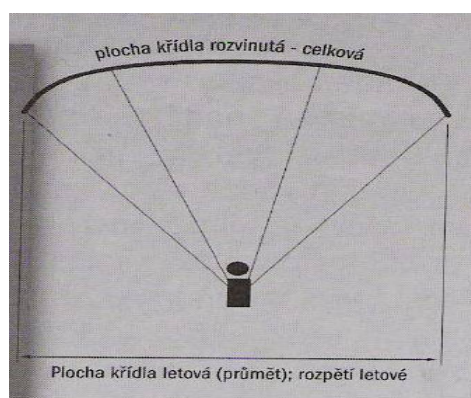
V konstrukci vrchlíku padákového kluzáku se v průběhu vývoje objevila řada řešení, jak z hlediska jeho tvaru a prohnutí, tak z hlediska provedení nasávacích otvorů v náběžné hraně, systému vyvázání, či jeho vnitřní konstrukce. Dnes je většinou náběžná hrana celá otevřená, v nedávné minulosti se však objevovala řada konstrukcí s částečně uzavřenou náběžnou hranou. [1] [10]



Obr. 5 Nákres konstrukcí [1]

Důležitým parametrem při popisu kluzáku je štíhlost křídla. Mezi štíhlostí kluzáku a výsledkem jeho letových testů je úzká souvislost. Čím je padák štíhlejší, tím lepší má parametry klouzavosti a rychlosti, ale tím nižší stabilitu. S rostoucí štíhlostí křídla je tedy padákový kluzák určen do zkušenějších rukou. [1]

Štíhlost rozlišujeme letovou (poměr letového rozpětí a letové plochy křídla) a tzv. rozvinutou, tzn. když je křídlo rozložené na rovné podložce. [1] Obě tyto varianty znázorňuje obrázek 6.



Obr. 6 Plocha křídel [1]

2.3.2 Šňůry a vyvázání

Tento systém lze rozdělit na tři základní části. Hlavní šňůry, větvení, kterému se někdy říká galerie, a řídicí šňůry.

Při pohledu z boku označujeme jednotlivé řady písmeny A, B, C a případně D. Většina padáků určených široké veřejnosti je vyvázána tak, že řady A a B mají samostatné popruhy a řady C a D jsou svedeny do jednoho společného. Řada A je vyvázána na náběžnou hranu a řada D na odtokovou hranu. [1]

První padákové kluzáky byly vyvázány běžnými padákovými šňůrami z polyesteru, které se vyznačovaly řadou nectností. Tou nejzávažnější byla jejich velká průtažnost (změna délky) při zatížení. V praxi to znamená nestejněmorné prodloužení jednotlivých šňůr, neboť za letu je každá zatěžována jinou silou. [1]

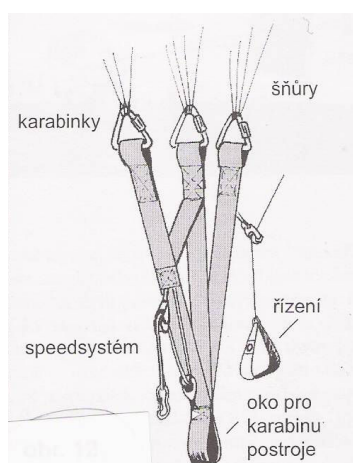
S přibývajícím letovým hodínami kluzáku se délky šňůr vlivem tohoto zatížení a působením povětrnostních podmínek stále více vzdalovaly od délek, které navrhl konstruktér. Tyto nestejněmorné změny drasticky ovlivňovaly geometrii tehdejších kluzáků a zhoršovaly jejich letové výkony a vlastnosti. Dnes se již nepoužívají. [1]

Na dnešních kluzácích najdete šňůry z materiálů s obchodním označením Aramid, Kevlar, Twaron nebo Dyneema. Zvláště posledně jmenovaný materiál je značně rozšířen při výrobě šňůr padáků pro běžné uživatele. Taková šňůra je opatřena ochranným opletem, který sice zvyšuje její průměr (aerodynamicky nevýhodné), ale chrání nosné jádro před poškozením. Kevlar se používá převážně na vysokovýkonné a závodní kluzáky. Má některé nevýhody a to především křehkost a degradaci vlivem UV záření. Naproti tomu se vyznačuje vysokou pevností i při velmi malém průměru a také minimální průtažností. Díky těmto vlastnostem vznikly speciální závodní šňůry o průměrech 0,2 - 0,8mm, které nejsou opatřeny ochranným opletem jádra. Avšak díky malému průměru snižují celkový škodlivý odpor padáku, který má díky tomu lepší klouzavost. Šňůry sériových padákových kluzáků mají dnes průměry 1,2 - 2mm. [1]

[10]

2.3.3 Popruhy

Popruhy jsou pojítkem mezi postrojem pilota a šňůrami, které pevně drží vrchlík. Tím jejich úloha ovšem zdaleka nekončí. Dle obrázku 7 je vidět, že je na nich uchyceno řízení, speed systém a v některých případech i trimovací zařízení (používané zařízení k ovládání padáku za letu - viz geometrie profilu níže). Na konci, do kterého se sbíhají jednotlivé šňůry jsou popruhy většinou opatřeny šroubovacími karabinkami. [1]



Obr. 7 Popruhy

Geometrie profilu je zajištěna délkami šňůr, které jsou vyvázány k vrchlíku. V některých případech je potřeba tuto geometrii pozměnit za účelem dosažení vyšších rychlostí. K provedení této změny geometrie byly vynalezeny dva systémy:

Trimovací systém

Umožňuje nastavit zadní popruhy malinko delší a tím změnit úhel odtokové hrany profilu k dosažení vyšší rychlosti.

Speed systém

Umožňuje stahování předních dvou až tří popruhů v daném poměru a tím sníží úhel náběhu proudu vzduchu a zvýší se tak rychlost. K popruhům je připojena šňůra k jejich stahování, která vede systémem kladek do spodní části postroje. Tam se nachází hrazda, na kterou pilot opírá nohy a stahuje tak popruhy. V současnosti se používá již jen tento systém, protože je jednodušší na obsluhu a nastavení. [10]

2.4 Výcvik pilota

Základní znalosti a příslušné dovednosti nutné k bezpečnému létání lze získat v kurzech paraglidingu. Podmínky k získání pilotní licence a podmínky k provozování tohoto sportu stanoví v každém státě pověřená organizace. U nás se tímto zabývá Letecká amatérská asociace ČR, která je pověřena Ministerstvem dopravy. [10]

Pro provozování tohoto sportu je třeba vlastnit pilotní licenci pro danou skupinu. Dále je třeba mít homologovaný kluzák s platným osvědčením o technické způsobilosti. Krom toho je třeba být pojištěn proti škodám způsobeným třetí osobě, např. při přistání na osobní automobil, který se poškodí a podobně. [10]

Z teoretických oborů se pilot musí naučit mechaniku letu, konstrukci padákového kluzáku, meteorologii, a letecké předpisy. Zejména znalost meteorologie je u tohoto sportu stěžejní, protože padákový kluzák je bezmotorový a pohyb ve vzduchu závisí na povětrnostních podmínkách. Prakticky se pilot musí naučit ovládat kluzák a při přezkoušení předvést i ty nestandardní režimy letu, u kterých je přezkoušení požadováno v rámci dané kategorie pilotního průkazu. [10]

Průkaz letové způsobilosti - PLZ

Ke každému novému padáku vám musí výrobce vystavit průkaz letové způsobilosti – technický průkaz. Má platnost dva roky a poté se prodlužuje vždy na jeden rok až do okamžiku, kdy výrobce shledá padák neletuschopným. [1]

2.5 Péče o kluzák

Každý nový padák vypadá většinou pěkně a jeho majitel s nelibostí nese, že s přibývajícemi letovými hodinami barvy blednou a vrchlík se špiní. To však ještě nic neznamena. Důležitější je, aby nebyla dotčena pevnost a letové vlastnosti stárnoucího kluzáku. Jak vrchlíku přibývají letové hodiny, snižuje se totiž pevnost látky a zvyšuje se její propustnost. To vše se nepříznivě projevuje na výkonech, letových vlastnostech a hlavně na bezpečnosti kluzáku. Faktory, které ovlivňují životnost látky a tím i letuschopnost padákového kluzáku jsou následující: UV záření, mechanické namáhání, mechanický otěr a vlhkost. [1]

2.5.1 UV záření

Rozrušuje jak zátěrovou hmotu, tak polyamid, ze kterého je látka zhotovena. To znamená, že působením slunečního záření se zvyšuje porozita zátěru a snižuje pevnost tkaniny. Zvyšováním porozity se zhoršují letové vlastnosti padáku, snižováním strukturální pevnosti tkaniny se přirozeně zhoršuje bezpečnostní násobek padáku. [1]

2.5.2 Mechanické namáhání

Tkanina, ze které je padák ušit se za letu neustále napíná a povoluje. Tím dochází k deformacím tvaru jednotlivých látkových dílců. Z toho důvodu vrchlík poněkud změní v průběhu své životnosti tvar, materiál zvýší svoji elasticitu a letové vlastnosti se zhorší. Dále vrchlík trpí při balení. Především se lámou výztuže v náběžné hraně. Proto je vhodné vrchlík zabalit tak, aby k tomu docházelo co nejméně. Pokud se nebude padák delší dobu používat, je potřeba jej zabalit co nejvolněji a uložit do temna a sucha. [1]

2.5.3 Mechanický otěr

Pevné části jako soli, prach, písek apod. působí velmi negativně jak na zátěr, tak na vlákna, která mechanicky poškozují. Dochází k tomu zejména při balení a manipulaci s kluzákem na zemi. Z toho důvodu je vhodné jednou za čas stáhnout nečistoty z potahu vlhkou houbou namočenou v obyčejné vodě (nepoužívat žádné saponáty) a vyklepat vrchlík, aby z něj náběžnou hranou vypadalo co nejvíce nashromážděných nečistot. [1]

2.5.4 Vlhkost

Spolu s velkými teplotními výkyvy je vlhkost dalším nepřítelem materiálu, ze kterého je padák vyroben a podílí se na deformaci a degradaci vrchlíku. Pokud dojde ke smáčení deštěm za letu, nedochází k poškození, jelikož vrchlík téměř okamžitě uschne. V případě zmoknutí po přistání je potřeba padák co nejrychleji usušit rozbalený při pokojové teplotě. Před zabalením je potřeba se přesvědčit, zda jsou suché i šňůry a popruhy. [1]

2.6 Testování kluzáků

Vývoj padákových kluzáků učinil od prvních neumělých konstrukcí obrovský krok jak po stránce výkonnostní, tak bezpečnostní. Zvláště tento fakt je velmi důležitý a je výsledkem důsledného testování každého nového typu, které je završeno atestem uznávané zkušebny. Výrobce připraví prototyp nového padáku. Padák je už od začátku navrhován cíleně pro určitou skupinu pilotů, tedy už předem se konstruktér snaží postavit kluzák náležející do dané kategorie. Když je prototyp kluzáku hotov, následuje dlouhé doladování, desítky a stovky letů, při nichž se například posunují spoje šňůr, vylepšuje tvar vrchlíku a zjišťuje jeho chování. V momentě, kdy je výrobce spokojen, předá jej k testu do zvolené zkušebny. [3]

Test padákového kluzáku se rozděluje do dvou částí, a to pevnostní test a letový test. Pevnostní test byl v roce 1997 sjednocen pro obě testovací normy (jedná se o „shock“ a „load“ testy). Letové testy se provádějí odlišně. [3] [1] Níže rozepsaná podkapitola seznamuje s testy prováděnými na základě dvou norem, a to AFNOR a DHV.

2.6.1 Pevnostní test

Pevnostní test má dvě části. První se nazývá "Shock test" a kluzák při něm musí vydržet rázové zatížení 600 kg. V praxi vypadá tak, že se vrchlík rozloží na zem jako při startu. Jeho popruhy jsou spojeny do dlouhého ocelového lana přes trhací pojistku nastavenou na 6000 N. Na druhém konci lana je připraven nákladní automobil - trhač. Jeho řidič se na dané znamení rozjede a akceleruje tak, aby měl v okamžiku napnutí lana dostatečnou rychlost pro vyvinutí síly 6000 N. Téměř okamžitě potom, co lano zabere a vrchlík vystřelí do vzduchu, dojde k prasknutí trhací pojistky. Následuje důkladná kontrola vrchlíku a šňůr. Nic nesmí prasknout, nebo se jinak poškodit, tak zní požadavek testu. [1]

Druhou zkouškou je zátěžový test "Load test". V tomto případě je vrchlík připoután přímo k vozidlu, které s ním zrychluje do takové rychlosti, kdy siloměry ukazují obsluhu osminásobek maximálního povoleného provozního zatížení. U středně velkého kluzáku to znamená hodnotu přes 800 kg. Tuto hodnotu udržuje obsluha po dobu 5 sekund. Po zastavení následuje opět kontrola kluzáku. [1]

2.6.2 Letový test

Letové testy provádějí testování piloti dané zkušebny nad vodní plochou, při patřičných bezpečnostních opatřeních. Norma AFNOR rozděluje kluzáky do čtyř kategorií - standard, performance, competition a tandem. Nejnáročnější soubor letových testů čeká na typy, které si výrobce přeje zařadit do kategorie Standard. Počítá se s tím, že s těmito kluzáky budou létat začátečníci a testování podle toho vypadá. Testovací piloti provádějí všechny zkušební manévry velmi razantně a nároky kladené na křídlo jsou velmi vysoké. Zejména se vyžaduje, aby křídlo mělo dostatečnou schopnost tolerovat hrubou pilotáž a samovolně, bez pilotova zásahu řešilo různá zaklopení. [1] [12]

Při testování střední kategorie – Performance - již norma při některých zkušebních manévrech připouští nutný zásah pilota. Jinak se však provádějí shodné manévry, jen s nepatrně nižší razancí, neboť se počítá s tím, že s těmito typy budou létat přeci jen zkušenější piloti. [1] [12]

Na typy zařazené do kategorie Competition čeká jen jednoduchý program, v jehož rámci se testovací piloti zaměřují spíše na to, zda kluzák není vysloveně nebezpečný. Některé letové manévry se s ním neprovádí, protože se počítá s tím, že se těmito situacím zkušený pilot, pro kterého je takový kluzák určen, vyhne. [1] [12]

Letové testy se zaznamenávají na video, které se následně vyhodnocuje a poté je vyneseno verдикт. Pokud jsou některé manévry na hranici požadavků nebo nejasné, provádějí se znovu. Mezi testovací manévry patří:

- zkouška startu a přistání
- měření maximální a minimální rychlosti
- chování kluzáku při použití speedsystému
- kývání vrchlíku okolo příčné a podélné osy
- uvedení padáku do fullstallu, vývrtky a asymetrického přetažení,
- provedení masivního asymetrického a symetrického zaklopení náběžné hrany
- spirála, B stall a prudké zásahy do řízení s otočením vrhlíku o 90°. [1] [12]

Také DHV má svůj letový program, který je však poněkud odlišný. Kluzáky se dělí do pěti skupin. Na rozdíl od normy Afnor má v tomto případě daleko větší slovo v celkovém hodnocení pilot. Německá norma hodnotí řadu letových manévrů slovy jako malý, velký, rychlý atd., přičemž tato verbální hodnocení nejsou přesně specifikována číselnými údaji a záleží do značné míry na testovacím pilotovi, jak se k danému typu vyjádří a do které skupiny jej zařadí. Všeobecně se německý test považuje za sice náročnější, ale zároveň méně přehlednější z hlediska žadatele o atest. Proti hovoří i fakt, že o něj v případě zahraničního výrobce může požádat pouze jeho oficiální zástupce v Německu a nikoli firma sama. Většina testovacích manévrů je shodná s normou Afnor, rozdílné je však často konkrétní provedení. [1] [12]

3. ZÁLOŽNÍ PADÁK

Záchranný padák dnes patří do základní výbavy každého pilota, což je přímo předepsáno směrnicí ZL-1. To ovšem není ten nejhlavnější důvod pro jeho koupi. Mnohem důležitější je, že se v některých situacích jedná o jediný způsob záchrany, který je k dispozici a může svému majiteli v případě nouze zachránit život. [1]

Ačkoli jsou moderní padákové kluzáky konstruovány s velkým zřetelem na bezpečnost a jejich schopnost samovolně řešit některé komplikované letové situace je v řadě případů až obdivuhodná, tak stále existuje určité riziko letových problémů, při kterých je aktivace záchranného padáku v podstatě jediným řešením. Nejčastěji k takovým situacím dochází vinou samotného pilota, který létá v nevhodných meteorologických podmínkách, nebo po srážce dvou pilotů.

3.1 Kategorie záložních padáků

Výrobce Sky Paragliders dělí záložní padáky podle konstrukce na říditelné, standardní a ultralehké.

Říditelný záložní padák disponuje testem DHV. Jedná se o konstrukci typu DELTA tak, jak je znázorněna na obrázku 8. Na rozdíl od jiných výrobků podobné koncepce není ale potřeba speciálních kontejnerů, volných konců nebo speciálního umístění do sedačky. Záložní padák se balí do standardního kontejneru tak, jak je vyobrazeno na fotografiích číslo 9 a je možno jej umístit do předního, bočního, zadního nebo spodního kontejneru běžných sedaček. Jeho váha je, oproti jiným výrobkům stejné kategorie, minimální a to 2,4 kg. Jeho hlavní výhody jsou nízká váha, možnost zabudovat do téměř každé moderní sedačky a vysoká rychlost otevírání. Plocha vrchlíku je 26m². [12]



Obr. 8 Záložní padák Delta v letu [12]

Řada záložních padáků standardních jsou padáky s klasickou kruhovitou konstrukcí a středovou šňůrou. Při vývoji se usilovalo o co nejjednodušší technická řešení, jelikož v případě tohoto typu zaručují bezchybné používání a vysokou životnost. [12]



Obr. 9 Složený záložní padák [12]

Ultralehké záložní padáky jsou určeny pro zkušené piloty, kteří se pohybují v horských oblastech. Bývají certifikovány normou EN, což znamená jedním z nejprísnejších prověření pevností (volný pád až 40 m) a vlastností (přistání na záložním padáku nesmí přesáhnout hodnotu opadání 5,5 m/s, stabilita a rychlost otevření). Zajišťují velmi rychlé otevření, nízkou hmotnost, konstrukce je klasická kruhová se standardními postupy při balení, z nejkvalitnějších dostupných materiálů. [12]

Obvyklé plochy záložních padáků se pohybují kolem 25 - 35 m². Opadání (vertikální rychlost) je na záložním padáku přibližně 5 m/s. Záleží však také na hmotnosti pilota a použité ploše padáku. Menší plocha, která znamená snížení váhy záložního padáku, neznamená jen zásadní výhodu pro pohodlí pilota, který nemusí s sebou nosit objemné a těžké záložní padáky, ale má i velký vliv na bezpečnost. Záložní padáky s menší plochou se otvírají a plní mnohem rychleji. Výrobci se snaží v kombinaci výborných materiálů spolu s konstrukcí dosáhnout nízkého opadání při použití menší plochy. [12]

Výrobní firma Easy Fly Paragliding v Prostějově nabízí jiné obecné rozdělení záložních padáků, které je rovněž založeno na typu konstrukce. Rozdíl však spočívá v tom, že na základě určitého vývoje, zkoušení a testování dospěli k úplně novým a technicky stabilnějším konstrukcím.

Rozdělení dle firmy Easy Fly Paragliding v Prostějově lze pak charakterizovat jako záložní padáky

- se středovou šňůrou
- se středovou šňůrou a dvouplášťovou konstrukcí
- se středovou šňůrou, dvouplášťovou konstrukcí a uzpůsobením vrchlíku pro dopředný pohyb

V prvním případě se středovou šňůrou se zvětší promítnutá plocha vrchlíku a tím i jeho účinnost. Zkracuje částečně dobu nutnou k otevření záložního padáku. [15]

Pokud je vrchlík záložního padáku ušitý ze dvou nezávislých částí, tzn. kopule vrchlíku a její obvodová část je uzpůsobena tak, aby vytvářela průduchy, tak se tento typ nazývá dvouplášťová konstrukce. Její velké výhody spočívají v tom, že se podstatně rychleji plní vzduchem při otevírání, dochází k mnohem větší stabilitě a nižšímu opadání. [15]

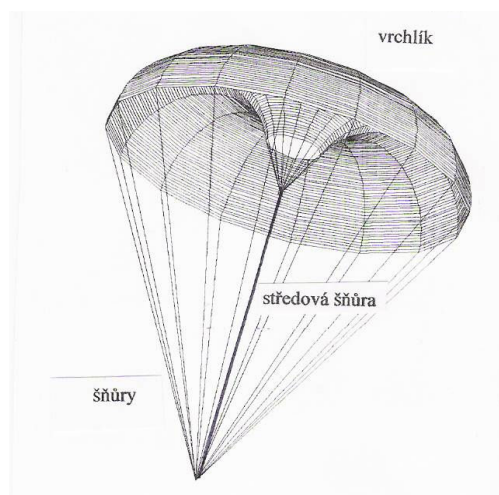
Posledním typem je záložní padák s říditelným dopředným pohybem, taktéž dvouplášťovou konstrukcí a středovou šňůrou. Mezi hlavní výhody patří rychlé plnění vzduchem, vysoká stabilita a díky schopnosti říditelného dopředného pohybu si pilot může vybrat bezpečné místo k přistání, což maximálně zvyšuje jeho pasivní bezpečnost. [15]

3.2 Charakteristika záložního padáku

Záchranný padák určený pro paragliding se poněkud odlišuje od klasického parašutistického záložního padáku. Jde jednak o rozdílný způsob aktivace (ruční odhoz) a také o jinak řešenou konstrukci. Záložní padáky se dělí dle konstrukce na říditelné nebo neříditelné.

Šňůry se používají převážně polyesterové, případně Dyneema. Jsou opatřeny ochranným opletem, který chrání jádro před poškozením. Zatímco u kluzáku je jejich elasticita nevýhodná, zde ji naopak vítáme, protože pomáhá zmírnit dynamické zatížení vrchlíku při otevírání. Kevlarové se z důvodů křehkosti a degradaci vlivem UV záření nepoužívají, i když se vyznačují vysokou pevností i při malém průměru. [1]

Šňůry u záložního padáku se rovněž liší od padákového kluzáku. Jejich délka je kratší. To má za následek, že se otevírá rychle a zůstává blíže k pilotovi než vlastní kluzák. To znamená, že vrchlík padákového kluzáku zůstává za padákem záložním, což je samozřejmě žádoucí. [1]



Obr. 10 Nákres záložního padáku [16]

Na obrázku 10 je znázorněn nejrozšířenější typ. Jedná se o neřiditelný padák kruhového tvaru se středovou šňůrou. Tento systém je velmi jednoduchý a spolehlivý. Díky středové šňůře, která kopuli zplošťuje, je potřebná plocha vrchlíku velmi malá, takže i zabalený záložní padák nezabere mnoho místa. To je samozřejmě velmi výhodné pro možnosti jeho umístění na postroji.

Obvyklé plochy záložních padáků se pohybují kolem $25 - 30 \text{ m}^2$. Vertikální rychlost (opadání) je na záložním padáku přibližně $4 - 6 \text{ m/s}$, záleží však také na hmotnosti pilota a použité ploše padáku. Hmotnost pilota je důležitým parametrem při výběru záložního padáku. [3] [15]

Mezi nejdůležitější parametry pro záchranný systém patří rychlost otevření, stabilita, rychlost opadání a ovladatelnost, což znamená možnost řízení. Rychlost otevření nejvíce ovlivňuje konstrukce, tvar vrchlíku, množství pomocných plnicích otvorů, kvalita použitého materiálu na výrobu záložního padáku, způsob balení a způsob použití. Stabilitu a rychlost opadání ovlivňuje tvar a konstrukce vrchlíku, kvalitu materiálu a jeho stejnoměrná prodyšnost. [15]

Před rozhodnutím, kterým záložním padákem svůj postroj vybavit, by důležitým vodítkem měla být především certifikace. Nyní je už možno testovat pouze podle norem EN a ty platí pro kluzáky, záložní padáky a sedačky. [1] [15]

3.3 Použití a simulace odhození

Použití záložních padáků je možné za podmínek dané kritické situace, která nemá žádné jiné řešení. Zejména se jedná o situace v malých výškách nad zemí, při srážce s jiným letadlem nebo padákem, v neřešitelném letovém režimu, v rotačních figurách se zamotanými šňůrami nebo při pádu do vrchlíku. [1]

Záložní padáky pro paragliding jsou aktivovány ručním odhozem. Nutno počítat s tím, že od prvního pohybu při odhazování záložního padáku do jeho otevření uplyne asi tři až pět sekund, takže ztráta výšky bude okolo padesáti metrů. [3]

Záložní padák je ukrytý ve vnitřním kontejneru, způsob uložení je vyfotografován na obrázku 11. Ten je uložen v kontejneru vnějším, jenž je součástí postroje. Vnější kontejner je zpravidla pevnou součástí postroje. Pilot uchopí rukojeť, tahem uvolní záložní padák z vnějšího kontejneru a celý balík držený pohromadě vnitřním kontejnerem, odhodí do volného prostoru. Nejčastěji na bok anebo za sebe směrem mírně nahoru. Vyhýbáme se hození záložního padáku do vrchlíku, který se však okamžitě po odhozu pokusíme stáhnout k sobě. Záložní padák si v proudícím vzduchu už sám najde správnou polohu. [1]

Je však nutné brát v úvahu, že odhazování záložního padáku probíhá v takových podmínkách, kdy pilot nemá moc čas přemýšlet, jak a kam má balíček odhodit, takže jedinou radou bývá trhnout rukojeť a vyhodit záložní padák s patřičnou silou od sebe. K vyhození by nemělo být nutné použít extrémní sílu. [1]

Aktivace pyrotechnickými prostředky, tedy pyropatronou nebo raketou, se kterou se kdysi experimentovalo, je z mnoha důvodů v praktickém provozu nepřípustná a nepoužívá se. Třetím druhem možné aktivace je odhoz hlavního vrchlíku, který zároveň vytahuje záložní padák. Tento systém se používá jen sporadicky, většinu rozšíření brání jeho komplikovanost, finanční náročnost a také fakt, že odhoz hlavního vrchlíku je pro řadu pilotů z mnoha důvodů neúnosný. [1]

Pro nabytí jistoty při nutnosti použití záložního padáku je vhodné si tento manévr nasimulovat neboli vyzkoušet. Pilot se usadí v postroji zavěšeném nízko nad zemí a na pokyn instruktora uchopí rukojeť záložního padáku, vytáhne jej z kontejneru a odhodí do strany, jako by to bylo ve skutečnosti. [1] [3] Příklad správně rozvinutého padáku je znázorněn na obrázku 12.



Obr. 11 Padák ve vnitřním kontejneru [15]



Obr. 12 Rozvinutý záložní padák [15]

3.4 Umístění záložního padáku

Kam umístit záložní padák je velice rozličné a na jednoduchou charakteristiku velice obsáhlé téma. Nejprve bylo běžné jeho umístění na boku postroje. To má tu výhodu, že je uvolňovač záložního padáku pěkně po ruce, ale postroj s takto umístěným padákem je poněkud asymetrický jak hmotnostně, tak aerodynamicky. U moderních konstrukcí se však tuto nevýhodu podařilo eliminovat jednak velmi kompaktním prostorem pro umístění záložního padáku a také pohodlně přístupnou kapsou na druhém boku, do které se vlezou rukavice, fotoaparát a podobně. [1]

Velkým trendem se stalo umístění záložního padáku na zádech. Je to elegantní, symetrické, jen bohužel trochu nevhodné z hlediska ergonomie. Aby byl uvolňovač vůbec dostupný, musí být spojen s vnitřním kontejnerem poměrně dlouhým popruhem,

což znesnadňuje razantní odhoz. Pokud se popruh zkrátí, pak není na uvolňovač za letu vůbec vidět a jeho nahmátnutí v kritické situaci by mohlo být problematické. Také objem zavazadlového prostoru, do kterého je třeba uložit batoh a různé za letu potřebné věci je limitován. [1]

Z těchto důvodů se našlo další řešení, a to záložní padák pod sedákem. Uvolňovač je lépe po ruce a spojovací popruh je kratší, ale pro změnu zase hrozí nebezpečí zachycení rukojeti uvolňovače o nějakou větev a záložní padák se otevře. [1]

Poslední možností je uložení na břicho. Počáteční obavy pilotů z omezené pohyblivosti na zemi i za letu rozptýlily vhodně konstruované kontejnery, na které je navíc možno přichytit přístroje. [1]

3.5 Pravidelná údržba

Servis a pravidelná údržba padákové techniky jsou naprosto nezbytným bezpečnostním prvkem, který výrazně přispívá k pohodě každého pilota.

Pro správnou funkčnost záchranného systému je zásadní pravidelné přebalování. Správně by měl být záložní padák přebalen jednou za čtvrt roku. Intervaly jsou dány výrobcem, stejně jako způsob balení a školení osob oprávněných jej provádět. Doporučuje se takové školení absolvovat. [1]

Záložní padák je potřeba skladovat v suchu, ale pokud záchranný systém zvlhne nebo je dokonce mokrá, je nutné jej nejdříve vysušit a poté přebalit. Opomenutí má za následek tendenci slepení vrchlíku záložního padáku a mnohdy se takovýto záložní padák v kritické situaci po vyhození neotevře. [15]

Pečlivá prohlídka musí být provedena vždy po dvou letech nebo po použití záložního padáku. Obsahuje kontrolu materiálu vrchlíku a šňůr. Prohlídka zahrnuje i kontrolu sebemenších detailů, proto se všeobecně doporučuje přenechat to školeným odborníkům. Ti provedou kompletní inspekci vybavení a v případě potřeby jsou provedeny nezbytné opravy. [1]

Životnost záložního padáku je asi 4 - 7 let, potom má pilot tento záložní padák odložit a koupit jiný. [1]

3.6 Testování záložního padáku

Záložní padáky podléhají testům dané Českou Státní Normou EN 12491 - Zařízení pro padákové létání – záložní padák - bezpečnostní požadavky a zkušební metody. Tato norma je českou verzí evropské normy EN 12491:2001. [4]

Cílem této normy je zvýšit bezpečnost pilotů, kdy se testováním záložního padáku má potvrdit jeho funkčnost. Tato norma je použitelná pro záložní padák s ručním odhozem a určená pro jednomístné nebo tandemové záložní padáky. [4]

Před samotným testováním musí celý systém splňovat jisté bezpečnostní požadavky. U odhazovacího systému, který zahrnuje rukojeť, vnitřní kontejner a nosné popruhy, nesmí dojít k žádnému selhání kteréhokoliv z uvedených prvků. Rychlost otevření nesmí být delší než 5 sekund. [4]

Co se týká sestupové rychlosti, neboli rychlosti opadání, a stability, nesmí být při testech průměrná rychlost sestupu více než 5,5 m/s. V každém testu průměrná horizontální vzdušná rychlost nepřekročí více než 5 m/s a záchranný systém nesmí utrpět jakékoliv trvalé poškození. [4]

Dále se tyto požadavky týkají silových nárazů vzduchu, které mají vliv na pevnostní test, kdy se v testech záložní padák zcela otevře, vstřebá otevírací zátěž a dosáhne normální sestupové rychlosti a stability předtím, než se dotkne země. Záložní padák rovněž nesmí utrpět žádné vážnější poškození primární struktury. [4]

3.6.1 Podmínky pro testování

Testovací metody se provádí za pomoci testovacích přístrojů, které zahrnují meteorologické testovací zařízení na ověření rychlosti větru, teploty, tlaku a vlhkosti. Dále video kameru se zoomem a videorekordérem schopným analýzy po jednotlivých úsecích. Zařízení pro testování pádu, zařízení k měření sestupové rychlosti padáku a prostředky k určení horizontální vzdušné rychlosti jsou dalšími podmínkami. [4]

Mezi další podmínky testu patří, že vítr by měl být v testovacím okruhu méně než 20 km/h. Rovněž nesmí být v testovacím okruhu žádné teplotní a vzdušné pohyby způsobené letadly a relativní vlhkost by měla být mezi 40 - 80%. [4]

Všechny testy jsou nahrávány na video pro následnou analýzu výsledků. Kopie všech video nahrávek budou dostupné výrobci jako prostředek k výzkumu a vývoji. [4]

3.6.2 Druhy testů

Test síly odhazovacího zařízení

Mezi jednotlivými součástmi tohoto zařízení je požadována zátěž 700N. [4]

Test rychlosti otevření

Při horizontální vzdušné rychlosti 8 m/s a vertikální rychlosti vzduchu menší než 1,5 m/s je padák zabalený ve vnitřním kontejneru podle uživatelské příručky volně vypuštěn. Čas je měřen od okamžiku volného vypuštění až do dosažení zatížení 200N. Vnitřní kontejner by měl být otevřen před tímto zatížením. Test je prováděn dvakrát a je možno ho provádět z jedoucího prostředku či letadla. [4]

Další testy jsou prováděny za pomoci testovacího zařízení pro testování pádu, tzv. figuríny (dále jen zařízení), jejíž nákres s popisem tvoří přílohu 4. Obecně jde o to, že záložní padák se vyhazuje se zařízením z letadla letícího určitou rychlostí a přitom se měří, za jak dlouho se padák otevře a zda vydrží náraz vzduchu. [4]

Test rychlosti opadání a stability

Záložní padák je připevněn pomocí nosných popruhů za kotevní body zařízení nebo k pilotovi odpovídající stejné váze. Záložní padák je otevřen ve chvíli, kdy zařízení dosahuje horizontální vzdušné rychlosti 8 m/s a vertikální vzdušná rychlost je menší než 1,5 m/s. Stabilita padáku je zaznamenána vizuálně za pomoci video záznamu od momentu otevření do kontaktu se zemí. [4]

Testování pevnosti

Testování pevnosti záložního padáku je rozděleno na 40 m/s a 60 m/s otevírací náraz, tzv. opening shock. Záložní padák, který je zabalen ve vnější kontejneru podle instrukcí v uživatelském manuálu je připevněn pomocí nosných popruhů za kotevní body zařízení. Zařízení je pak urychlováno stálou rychlostí 40m/s a rukojeť na rozvinutí záložního padáku je aktivována za použití výtažného lana připevněného ke stabilizačnímu zařízení. Test se koná dvakrát a to s použitím stejného padáku. Testování pevnosti záložního padáku při rychlosti 60m/s je obdobné, jen s tím rozdílem, že zařízení je urychlováno rychlostí 60m/s. [4]

Norma dále uvádí, co musí obsahovat konečná zpráva, jaké další záznamy z výroby musí padák obdržet a jaké je následné označení záložního padáku, a to jak vrchlíku, tak vnitřního kontejneru. [4]

4. STUDIE MATERIÁLU A VÝROBNÍ PROCES

Existuje řada výrobců, i českých (např. Hedva, Silk Progress), kteří nabízejí ve svém výrobním programu materiál vhodný na výrobu vrchlíku záložního padáku. Avšak v současné době takřka převládá použití materiálů od francouzského dodavatele Porcher Marine ze skupiny podniků NCV. Porcher Marine je dnes mezinárodní skupinou specializovanou na vývoj a výrobu nových produktů v sektoru technických textilií. Díky kombinaci textilu a chemie jsou schopni aplikovat svoje výrobky do různých odvětví trhu jako např. automobilový, stavební, elektronický a bezesporu do sportovní oblasti, kde vyvíjí výrobky špičkové kvality. [11]

Pro vrchlík kluzáku se používá materiál s obchodním názvem Skytex. Je to materiál z polyamidu 6.6 s různým druhem impregnace. Jelikož teprve až zátěr dělá z tkaniny materiál skutečně vhodný na výrobu padákových kluzáků. [11]

Na záchranné padáky se používá obdobného materiálu, jen s tím rozdílem, že tkanina není opatřena zátěrem. Vhodným a hojně používaným je materiál s označením 9082. Základem této tkaniny je nylon 6.6 s dvojitým kalandrováním. Hlavními požadavky na tyto materiály jsou pevnost, minimální hmotnost, odolnost proti oděru a tvarová paměť. Tyto materiály jsou charakteristické svou mřížkovitou strukturou, která zabraňuje v případě poškození dalšímu samovolnému trhání látky. [11]

Výrobní proces

Výrobní proces materiálu 9082 je propojen v rámci celé továrny, která obsahuje moderní a výkonné stroje. Nejméně šest výrobních kroků je potřeba k přeměně vlákna na velice pevnou a nepropustnou tkaninu. Veliká pozornost se věnuje i kontrole podle přísných norem jakosti, a to na všech úsecích výrobního procesu. Technici a odborníci jsou v těsném kontaktu se samotnou výrobou, tudíž je možno velice rychle reagovat na případné nedostatky. Navíc tento těsný kontakt umožňuje efektivně provádět nově navržené inovace v rámci příslušných sportovních aktivit. [11]

Prvním krokem je potřeba zajistit ochranu vlákna po celý průběh tkaní, což se provádí za pomoci pryskyřičné lázně (šlichtování). Pro výrobu lehkých, ale přitom pevných tkanin je zapotřebí až 10 000 vláken, která jsou paralelně navinuta na rovnoběžné rámy. Obrázek 13 ukazuje, že tato práce se dodnes provádí ručně. [11]



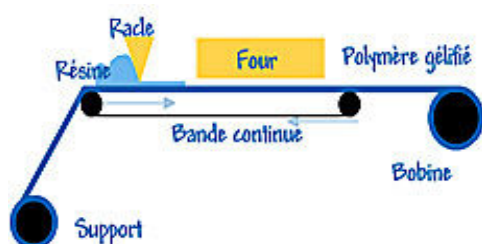
Obr. 13 Vlákná jsou navinována na rám [11]

V další fázi výroby dochází ke klasickému tkaní na moderních strojích. Dalším důležitým krokem je přivedení již natkaného materiálu do autoklávu, který je vyfotografován na obrázku 14. Jedná se o tlakovou nádobu, která používá páru o vysokém tlaku k odstranění nežádoucích prvků. V tomto výrobním procesu slouží k vymytí ochranné vrstvy z pryskyřičné lázně. Takto upravený materiál je již vhodný na barvení. [11]



Obr. 14 Autokláv [11]

Následuje termofixace, kdy je zajištěna rozměrová stabilita. Závěrečným krokem při výrobě materiálu určeného na vrchlíky kluzáku je nanesení zátěru, jehož proces je zachycen na obrázku 15. Zátěr lze definovat jako tajnou formuli pryskyřice, která se nanese rovnoměrně s přesností 1 g/m^2 . Zátěry nesou různá označení, např. E77A, E38A, E29A, která definují jejich množství na metr čtvereční a liší se podle účelu zpracování materiálu.. Konečná látka, jak je vidět na obrázku 16, prochází důkladnou kontrolou. Jednou z vynikajících vlastností tohoto materiálu je, že je pro vzduch jen velmi málo propustný. [11]



Obr. 15 Proces nanesení zátěru [11]



Obr. 16 Kontrola kvality materiálu [11]

5. ANALÝZA VÝROBY ZÁLOŽNÍHO PADÁKU

V rámci diplomové práce byla kontaktována firma Easy Fly s.r.o. v Prostějově. Tato firma se dlouhodobě zabývá výrobou, testováním a prodejem paraglidingových a kitesurfingových komponentů. Především se zaměřuje na vývoj a výrobu záchranných padáků pro paragliding. Pro potřeby této diplomové práce bylo čerpáno z jejího výrobního programu.

Po vzájemné domluvě ohledně spolupráce firma vnesla požadavek na zjištění pevnosti materiálu u nového typu tkaniny. Vzhledem k zadání tématu diplomové práce bylo navrženo jisté řešení pro zvětšení pevnosti švu. Za použití jiného typu jehly a nití mělo být dosaženo zvýšené pevnosti švu. Jak práce dále objasní a na základě měření prokáže, samotný materiál, či volba jiné nitě a jehly, nemusí vždy výrazně ovlivnit pevnost švu. Vše závisí a záleží na závěrečných testech, kterými se prokáže, zda vrchlík záložního padáku lze považovat za funkční a bezpečný. V podstatě nejde jen o materiál, šev nebo nitě, jedná se o celou řadu komponentů, které jsou na záložním padáku použity a ty jako celek vytvoří bezpečný záchranný systém.

Firma by ráda využila zjištěných výsledků k dalšímu vývoji a rozšíření výroby záložních padáků. Testování a prověřování pevnosti materiálu a švů mělo firmě přinést nové informace a pomoci tak rozšíření možností výroby.

Cílem mnohačetného měření a zkoušení je tedy otestovat nový druh materiálu, který by měl být schopen splňovat požadavky kladené na výrobu záložních padáků a zároveň srovnat výsledky měření se standardně používaným materiálem v kombinaci s volbou jiné jehly a nitě.

Shlednutím jednotlivých úseků výroby firmy Easy Fly s.r.o. lze konstatovat, že se jedná o náročnou a detailní práci, která vyžaduje pečlivost a přesnost. Dle stříhových šablon dojde k přesnému nastříhání jednotlivých dílů, které mají trojúhelníkový tvar a odpovídají požadovanému druhu záložního padáku. Díly se pokládají jak po osnově tak po útku s ohledem na maximální výtěžnost, ale vždy se dodržuje středová osnova. Ta je nutná k tomu, aby nedocházelo k většímu úhlovému zešikmení. Záložní padák má obecně velikost kolem 25 - 35 m², tudíž je nezbytné na sešíváních svislých stranách vytvořit značky, který slouží pro kontrolu při sešívání. Vystala ovšem otázka, zda vzhledem k rozdílné pevnosti materiálu po osnově a útku uváděné výrobcem nebude docházet ke snížení pevnosti u dílů položených po útkových nití. Ve firmě bylo

zpozorováno, že s ohledem na maximální výtěžnost látky nebere výrobce odlišnou pevnost materiálu po osnově a útku ve zřetel. Tato práce bude při svých měřeních tuto skutečnost sledovat a následně ji vyhodnotit.

Co se týče používaných strojů, výrobce používá standardní průmyslové stroje. Ke kompletaci jednotlivých dílů záložního padáku se využívá průmyslových šicích strojů, jmenovitě Minerva typ 72 207. Konkrétně se jedná o plochý dvoujehlový šicí stroj s rovným vázaným stehem s rozpichem jehel od 6-8 mm a nejlépe s jehelním podáváním nebo odtahovým válečkem z důvodů zabránění vrásnění a přetažení spodního dílu u takto dlouhých švů. Délka stehu je 4,5 mm, tzn. 2 stehy/1cm. Vzhledem k použitému druhu švu se na šicí stroje umísťuje pomocný aparát. Zakladač pracuje na principu zakládání okrajů materiálů před vstupem pod jehelní tyč a patku. Tato přídatná pomocná zařízení usnadňují práci, zrychlují a zpřesňují šitý šev. Je nutné, aby tyto švy byly průběžně kontrolovány, aby nedocházelo k nepřesnému založení okrajů materiálu do zakladače. Nestejnoměrně založené okraje snižují pevnost švů a následně hrozí riziko vytrhnutí z dvoujehlového prošíání.

Záchranný padák je v podstatě celý sešit švem, z tř. 2 200 přeplátované švy, konkrétně zakládaným přeplátovaným švem tř. 2.04.03. Dojde k přeložení materiálů přes sebe tak, že při spojení se okraje materiálu zahrnou z obou stran. Dolní kraje jsou šity obrubovacím švem tř. 6.03.07 za pomoci vsunutí zpevňovací lemovky. V případě záložního padáku s průduchy (viz rozdělení záložních padáků), jsou taktéž použity přeplátované švy. Technologie šití záložního padáku nedovoluje větší možnosti výběru použití jiného druhu švu. Ovšem jak tato práce svými měřeními prokáže, je tento typ švu pro sešívání jednotlivých dílů záložního padáku dostačující. Z hlediska pevnosti je naprosto neoptimálnější. Mnohem zásadnější pro celkovou bezpečnost se ale stal rozbor samotné pevnosti švů, kterým se práce ve svých měřeních zabývá mnohem podrobněji v návaznosti i na používané jehly a délku stehu.

Firma používá jehly Schmetz, o síle Nm 110. Při šití je důležité neustále sledovat a především kontrolovat šev, aby nedošlo k naražení hrotu jehly. Následné destrukce jehly mohou způsobit zatrhávání v látce, či nepravidelný steh, což samozřejmě snižuje pevnost celého švu a zvyšuje riziko narušení materiálu záložního padáku. Jak je známo, jehla je vystavována při šití různým mechanickým vlivům (např. namáhání na ohyb) a vzhledem k přešívání tlustých nebo příčných švů může dojít k poškození hrotu. Dle informací podaných firmou bylo zjištěno, že jehly jsou vzhledem k materiálu vyhovující. Avšak s ohledem na materiál, který je lehký, vzdušný, s nízkou

plošnou hmotností se tato práce pokusí prokázat, jestli by nebylo vhodnější použít jehlu aspoň o něco tenčí. Samozřejmě by se zmenšila velikost vpichu, což by bylo žádoucí. Po vzájemné dohodě bylo rozhodnuto, že i tato možnost se při testování ověří a vyhodnotí, zda ovlivní zvýšení pevnosti spoje.

Nitě jsou důležitým prvkem při vytváření švu u záložního padáku. Volba správně zvolené nitě je zárukou požadované pevnosti švu. Jejich pružnost by měla být stejná jako pružnost materiálu vrchlíku záložního padáku a to z toho důvodu, aby při prudkých silových rázech, které se vyskytují při otevření padák, nedošlo vlivem rozdílné pružnosti k rozříznutí látky vrchlíku záložního padáku. Firma používá nitě s označením Heda 30 českého výrobce Hedva a.s. Šumperk. Jedná se o polyesterové nitě ze 100% polyesteru, které jsou certifikovány ITC, a.s.Zlín (institut pro testování a certifikace) a splňují požadavky na technické parametry dle ČSN EN 12590. Nitě jsou vyrobeny z nekonečných polyesterových vláken s hladkým povrchem. Použitý materiál a způsob výroby zajišťují nitím vlastnosti jako je vysoká pevnost, odolnost a stabilita. Nitě jsou odolné vůči oděru a povětrnostním podmínkám. [14] V této práci je při následném testování pevností švů zvolen i jiný typ nitě, který dle uváděných parametrů by měl kvalitativně převyšovat nitě Heda. Závěry vyvozené z výsledků měření zhodnotí, nakolik použití různých typů nití ovlivňuje výslednou pevnost.

6. ROZBOR PEVNOSTÍ JEDNOTLIVÝCH MATERIÁLŮ

6.1 Charakteristika materiálů

Firma využívá výhradně materiálů francouzského dodavatele Porcher Marine ze skupiny podniků NCV. Standardně vyrábí z typu 9082. Tento materiál patří mezi standardní výrobek firmy Porcher Marine a většina výrobců záchranných padáku tuto látku používá. Vyznačuje se vysokou pevností a to s rozlišením po osnově 490N a v útkovém směru 450N. Zároveň je dostatečně lehký, jeho plošná hmotnost činí 38-42 g/m², což je další nezbytný požadavek na tyto druhy tkanin používaných pro tyto účely.

Tento materiál bude následně porovnáván a testován spolu s materiálem PN9 od stejného výrobce. Tento druh materiálu patří mezi nové produkty této firmy. Z údajů uvedených výrobcem vyplývá, že je lehčí než materiál 9082, jeho hmotnost odpovídá 31,9 g/m². Nižší plošná hmotnost se samozřejmě odráží na jednotlivých pevnostech, které jsou po osnovní niti 409N a útku 372N. [11]

6.2 Měření pevnosti materiálů a jejich porovnání

Vzorky byly připravovány dle platných norem ČSN EN ISO 13934-1 Textilie - Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip. [5]

Měření bylo prováděno na trhačím stroji Technické Univerzity v Liberci na katedře technologie a řízení konfekční výroby v Prostějově. Měření bylo provedeno vždy pětkrát pro oba typy vzorků, které byly stříhány po osnovních i po útkových nitích. Vzorky byly upnuty do čelistí trhačího stroje s udanou upínací délkou, následně za parametrů času, dráhy a zatížení došlo k přetrhu vzorku. Následné zpracování dat je pro přehlednost znázorněno formou grafů a srovnávacích tabulek.

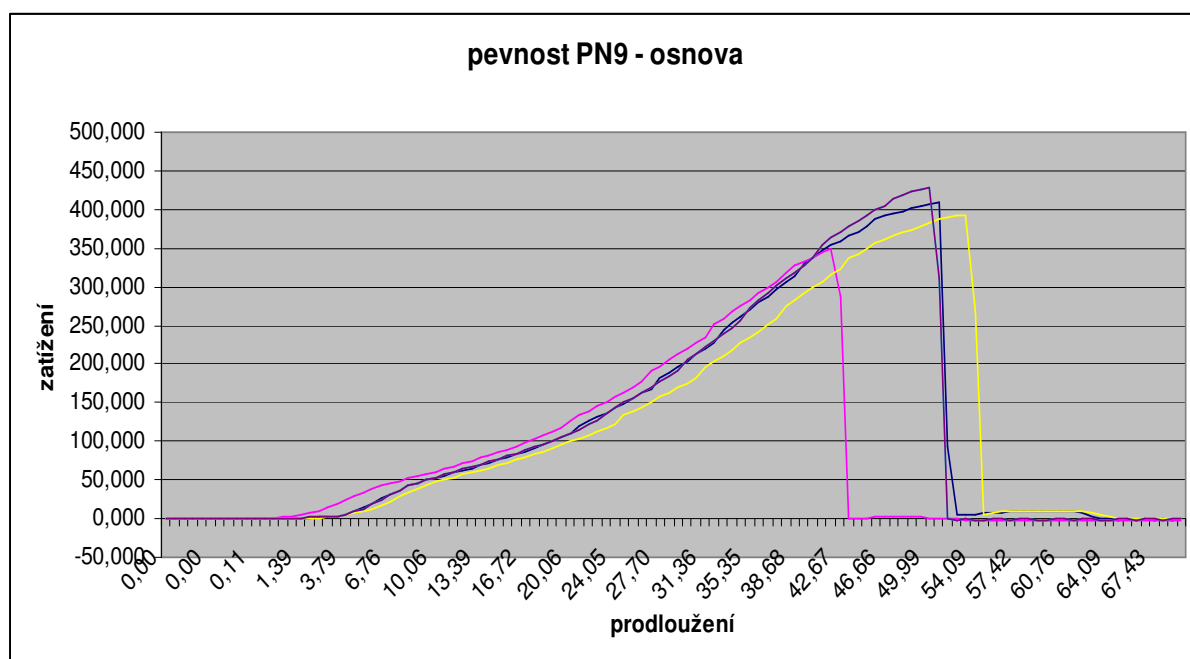
Cílem měření bylo zjistit, jaké hodnoty pevnosti vykazuje materiál. Konkrétně se jednalo o pevnosti materiálu standardně používaného s obchodním označením 9082 a nového typu materiálu vhodného na použití záložních padáků s obchodním označením PN9. Vzhledem k tomu, že byly k dispozici hodnoty uváděné výrobcem (viz příloha 3), jednak se už předem předpokládalo, jaké hodnoty naměříme a zároveň bylo možno porovnat správnost uváděných hodnot.

Měření je zanalyzováno formou grafů. Na ose Y je vyjádřeno zatížení v jednotkách N. Osa X je uvedena jako prodloužení, které je dáno dráhou. Naměřené hodnoty dráhy vyjadřují změnu délky od délky původní. Délka původní je rovna upínací délce, která je dle normy předepsaná 200 mm.

Už předem bylo jisté, že vzhledem k hodnotám uváděnými výrobcem by měl prokazovat vyšší pevnosti materiál 9082. Uvažujeme-li však, že s materiálem PN9 budeme dále pracovat ve formě švu a jiného druhu nití a stehu, bylo toto měření pro nás opodstatněné.

6.2.1 Materiál PN9

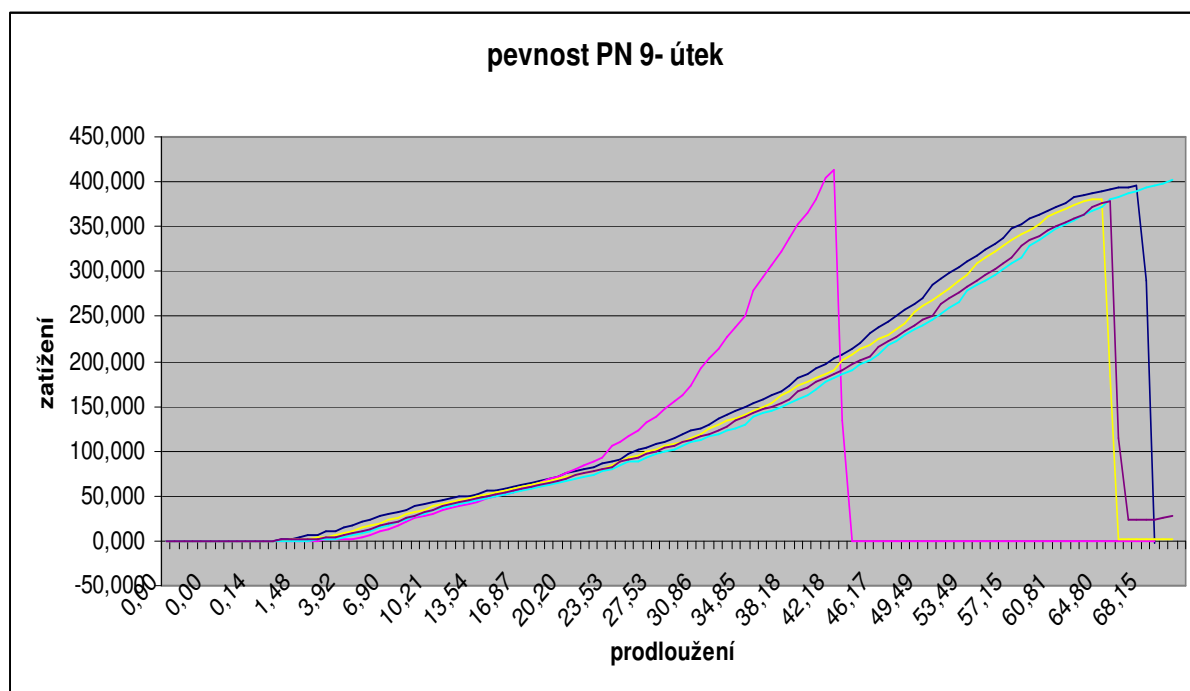
Graf na obrázku 17 vyjadřuje pevnost materiálu PN9 se vzorky střiženými po osnově.



Obr. 17 Pevnost PN9 - osnova

Síla potřebná k přetržení proužku o šířce 50 mm je vyjádřena osou Y a pohybuje se nad 400 N. Nejvyšší naměřená hodnota pevnosti byla 428N a naopak nejnižší 348N, což může poukazovat na nestejnoměrnosti materiálu, co se týká pevnosti. Avšak pokud zprůměrujeme hodnoty pevností naměřených na trhacím přístroji, jak je vidět v tabulce na str. 46, docházíme k hodnotě 399N. Výrobce uvádí hodnotu pevnosti po osnovních nitích 409N, viz příloha 3. Tato odchylka tedy není znepokojující.

Prodloužení, které je dáno osou X je okolo 50 mm. Z grafu je zřejmé, že u jednoho z měření došlo k výraznému poklesu pevnosti a menšího prodloužení. Vizualní znázornění v grafu je ale více zavádějící než praktické měření. Naměřená hodnota tohoto prodloužení je 42mm, což není od ostatního měření až tak vzdálené.



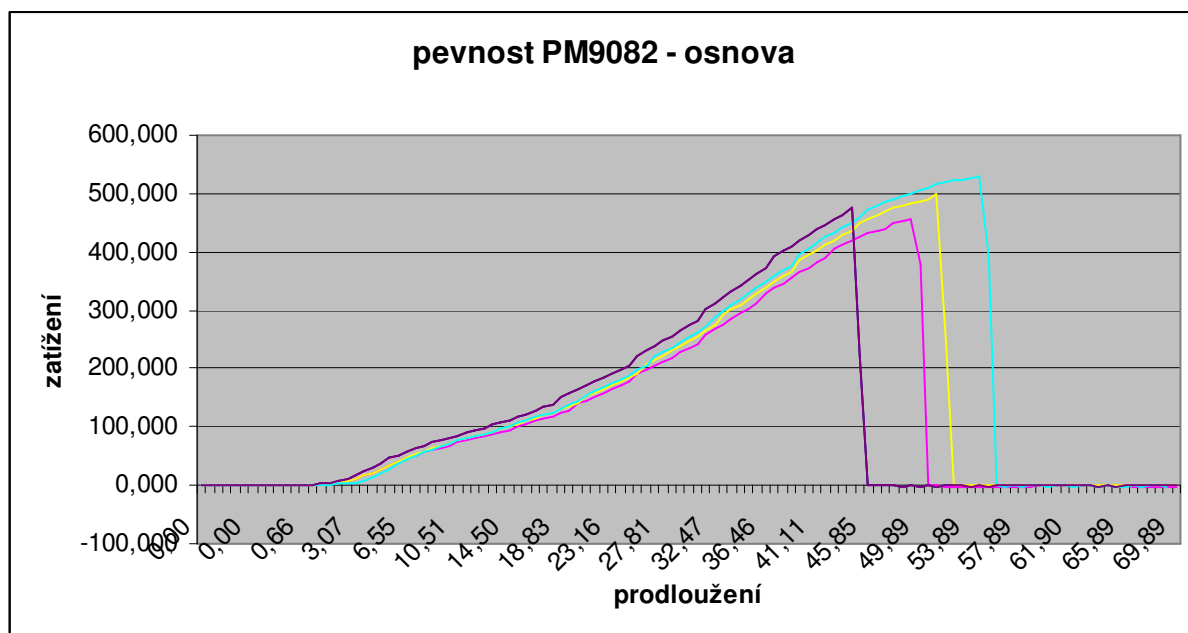
Obr. 18 Pevnost PN9 - útek

Graf na obrázku 18 zaznamenává naměřené hodnoty pevnosti po útku. Je zřejmé, že pevnosti se pohybují okolo 400 N, prodloužení je dáno dráhou. Do přetrhu je až 60 mm, což znamená, že tento materiál vykazuje v útku větší prodloužení než po osnově. Překvapením bylo, že materiál je schopen až takového rozdílu změny délky od původní upínací délky, která je 200mm. V tomto případě je tento rozdíl 60mm. Všechny vzorky byly přetrhnuty mimo oblast čelistí, tudíž lze konstatovat, že měření bylo provedeno správně. V grafu je ale jako v předchozím rovněž jistá odchylka od všech ostatních měření. Mohlo to být způsobeno chybou lidského faktoru, např. vadným uchycením do čelistí, a nelze přepokládat, že by se jednalo o záležitost týkající se materiálu.

6.2.2 Materiál 9082

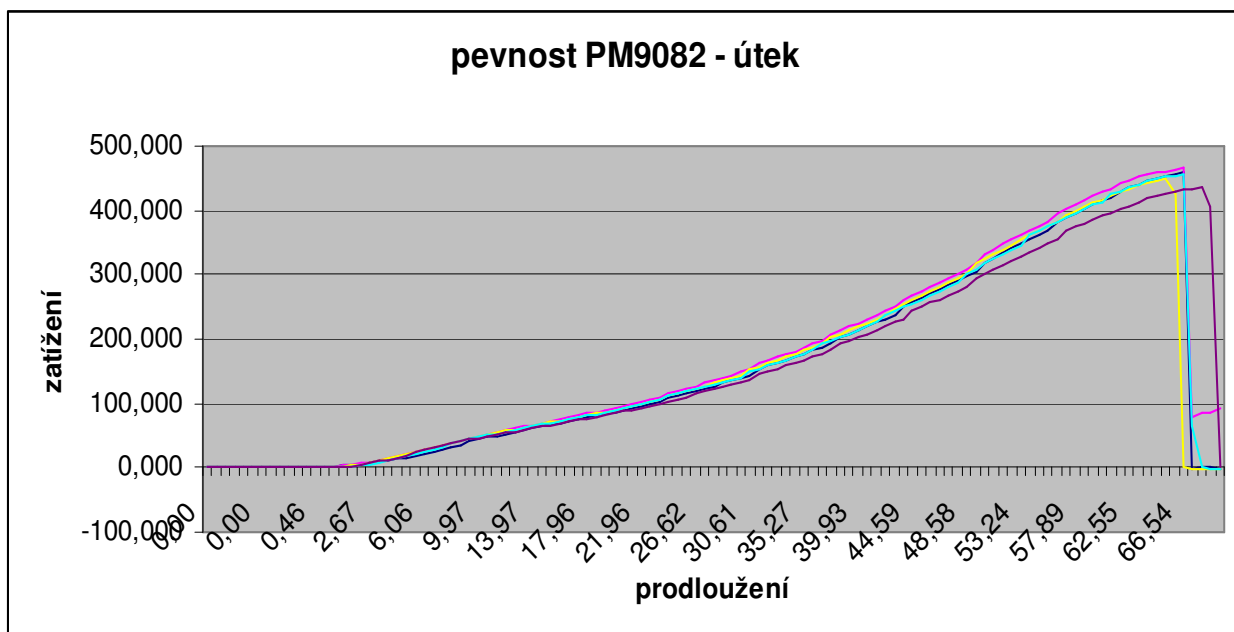
Následující měření je prováděno za stejných podmínek, dle zadání norem ČSN EN ISO 13934-1. [5] Taktéž vzorky jsou připraveny stejným způsobem. Jedná se o vzorky o šířce 50mm, stříhanými po osnovních a útkových nití. V tomto případě se však jedná o standardně používaný materiál s obchodním označením 9082.

Byly očekávány vyšší pevnosti a z toho důvodu byl na trhačím přístroji změněn parametr zatížení z 500N na 600N. Měření je opět provedeno na trhačím stroji Technické Univerzity Liberec na katedře technologie a řízení konfekční výroby v Prostějově.



Obr. 19 Pevnost 9082 - osnova

Tímto grafem na obrázku 19 je vyjádřena pevnost materiálu 9082. Prodloužení je opět dáno dráhou, které je v rozmezí mezi 49-58 mm. Pevnost se stabilně pohybuje kolem hodnoty 480N. Maximální naměřenou pevností byla hodnota 528N a minimální byla 455N. Možno konstatovat, že tento druh materiálu 9082 má větší stabilitu ve výsledcích než materiál PN9. Jak již ale bylo zmiňováno, na základě tohoto testování a měření pevnosti materiálu není možné materiál PN9 označit jako nevhodný pro výrobu záložních padáků. Materiál se vybírá s ohledem na závěrečné testy, ve kterých se zohledňuje celkové zatížení vrchlíku záložního padáku.



Obr. 20 Pevnost 9082 - útek

Pro úplnost je posledním pevnostním grafem na obrázku 20 vyjádření pevnosti materiálu 9082 se vzorky stříženými po útku. Již z křivky prodloužení je zřejmé, že i tento materiál, stejně jako materiál PN9, vykazuje větší prodloužení po útku. Toto prodloužení je až za hranicí 66 mm a pevnosti dosahují až 460N. U tohoto grafu je znatelně největší stabilita měření, kde nedošlo k žádnému vychýlení naměřených hodnot.

6.2.3 Shrnutí

Další částí je přehledné tabulkové srovnání pevností těchto dvou druhů materiálů a to PN9 jako nového typu materiálu a už běžně používaného a otestovaného materiálu 9082. V tabulce 1 je znázorněné přehledné vyhodnocení a analýza, který z těchto materiálů vykazuje vyšší pevnosti, což samozřejmě patří mezi hlavní požadavky na materiál pro výrobu záložních padáků. Ovlivňuje rychlost otevření záložního padáku, stabilitu a rychlost opadání.

Tab. 1 Porovnání pevnosti materiálů

číslo zkoušky	PN9	
	pevnost N	
	osnova	útek
1	408	395
2	348	412
3	393	381
4	428	401
5	420	378
průměr	399	393

číslo zkoušky	9082	
	pevnost N	
	osnova	útek
1	476	459
2	499	465
3	455	449
4	498	454
5	528	434
průměr	491,2	452,2

Obecně lze říci, že jak u materiálu 9082 tak u nového typu materiálu PN9 lze vyvodit zásadní poznatek zjištěný z měření, který vysvětlí již zmiňovanou otázku, že při pokládání stříhových šablon se nebere v úvahu směr osnovní a útkový. Osnovní vzorky vykazují vyšší pevnosti než útkové. Útkové vynikají větším prodloužením. Tímto měřením se prokázalo, že základními parametry materiálu nejsou jen pevnost, ale i dostatečné prodloužení. Lze tedy předpokládat, že firma Easy Fly, s.r.o. je s touto skutečností obeznámena a ví, že rozdílné pokládání šablon na materiál neovlivní celkovou pevnost při zatížení.

Tímto testováním se dospělo k závěru, že pokládání stříhových šablon bez ohledu směru osnovy a útku, nemá vliv na výslednou pevnost spoje. S ohledem na celkové zatížení vrchlíku záložního padáku se jedná o zanedbatelný parametr a vzhledem k tomu, že požadavky na pevnost materiálů jsou brány až s ohledem na závěrečné testy celého výrobku, nevidí tato práce důvod se tím hlouběji zabývat.

Jak tabulka ukazuje dále, rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší osnovní hodnotou pevnosti při přetržení u materiálu PN9 je 80N a u materiálu 9082 je tento rozdíl 73N. Stejně počítaný rozdíl u pevností po útku vyšel u materiálu PN9 34N a u materiálu 9082 31N. Z těchto čísel se dá usoudit, že přestože materiál PN9 nedosahuje dle tabulek takových pevností jako materiál 9082, ukazuje se při měřeních jeho stabilita. Pro další testování ho tedy lze doporučit.

7. ROZBOR PEVNOSTI ŠVŮ A ZPRACOVÁNÍ ALTERNATIVNÍHO ŘEŠENÍ

7.1 Měření pevnosti švů s nitěmi Heda

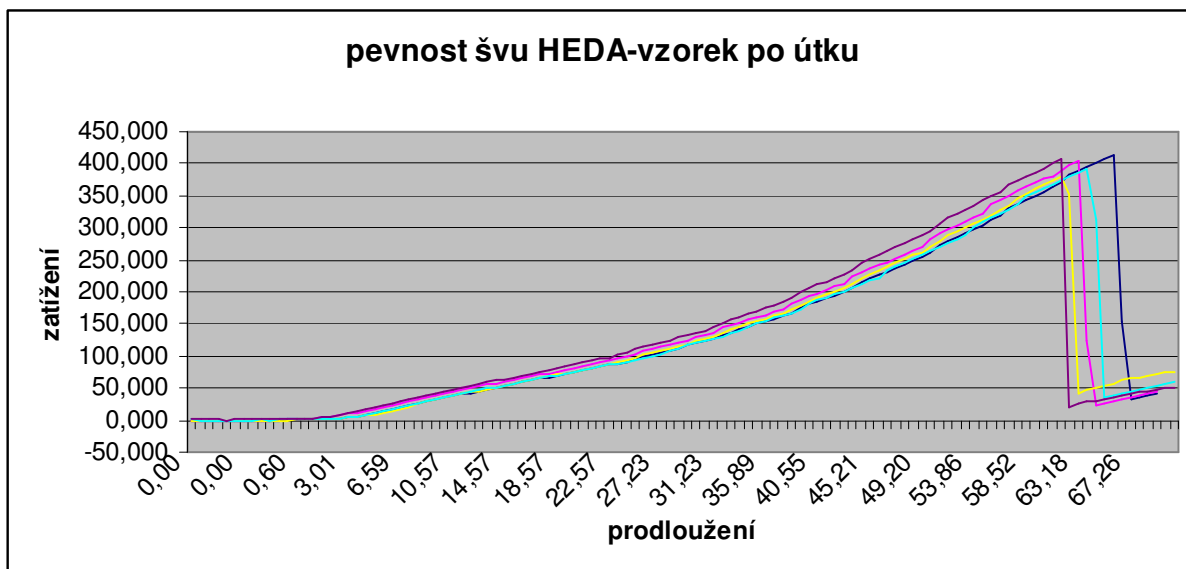
Pro testování byly zhotoveny vzorky švů naprosto shodných s výrobním postupem používaným ve firmě Easy Fly s.r.o., což znamená materiál firmy Porcher Marine a za použití jehly o síle 110 s velikostí 2 stehy na 1cm. Nitě se běžně používají od českého výrobce Hedva a.s. Šumperk. Konkrétně se jedná o typ Heda 30. Srovnání je provedeno na materiálu běžně používaného 9082 a již zmiňovaného a měřeného PN9.

Vzorky byly nachystány přesně podle udání normy ČSN EN ISO 13935-1 Textilie - Zjišťování maximální síly do přetrhu švu. Tato norma stanoví postup pro zjišťování maximální tažné síly švu u šitých švů, kdy síla působí kolmo ke švu. [6]

Tato část diplomové práce je zaměřena na analýzu jednotlivých zkoušených vzorků švů, kde dochází ke srovnání používaného materiálu 9082 a PN9. Cílem měření je srovnání dvou materiálů s odlišnými hodnotami pevností za použití klasického způsobu zpracování a výroby, tzn. za použití nitě Heda 30 v zakládaném přeplátovaném švu.

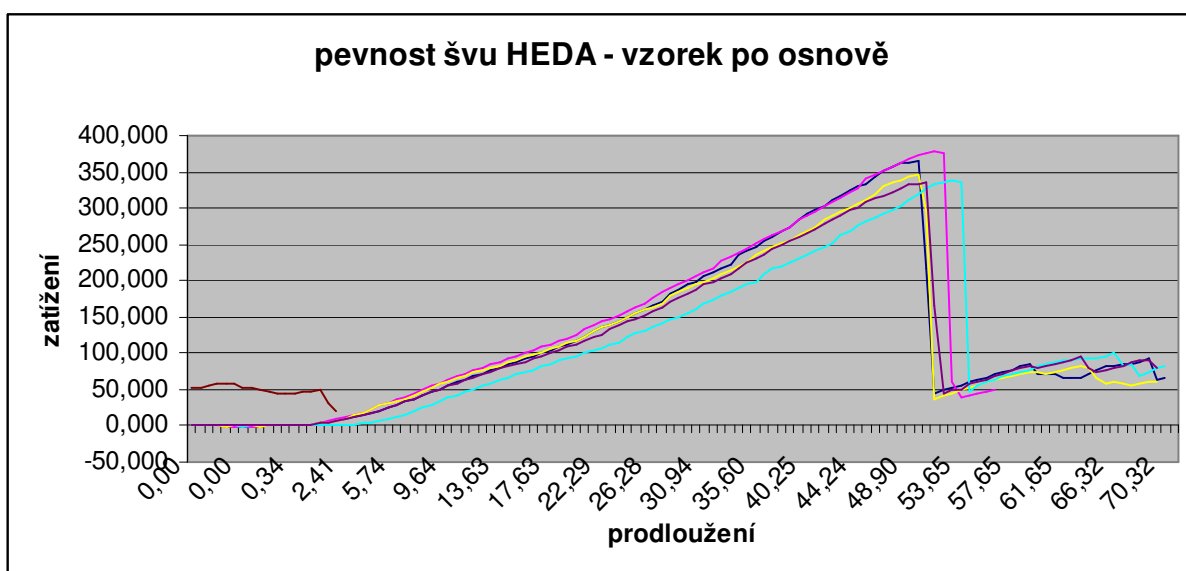
7.1.1 Materiál 9082

První bylo provedeno měření pevnosti švů s nití Heda 30 u materiálu 9082 s pěti vzorky v osnovním směru a pěti vzorky v útkovém směru. Vzorky odpovídaly přesnému zadání normy, to znamená o šířce 50mm, s prodlouženými kraji o 25mm z důvodu zabránění trhání vzorku. [6]



Obr. 21 Pevnost švu HEDA – vzorek po útku

Z grafu na obrázku 21 je zřejmé, že materiál vykazuje určité prodloužení, než dojde k samotnému přetrhu materiálu, respektive natrhnutí materiálu ve švu. Toto prodloužení je kolem 65mm. Následně dochází k rychlému náhlému přetrhu. Pevnosti při přetržení dosahují v průměru 398N. Z grafu je znatelná stabilita výsledků, kdy se dají hodnoty pokládat za vyrovnané a ustálené. Maximální zatížení dosáhlo 412N a minimální 378N, což potvrzuje jen drobné rozdíly hodnot.



Obr. 22 Pevnost švu HEDA – vzorek po osnově

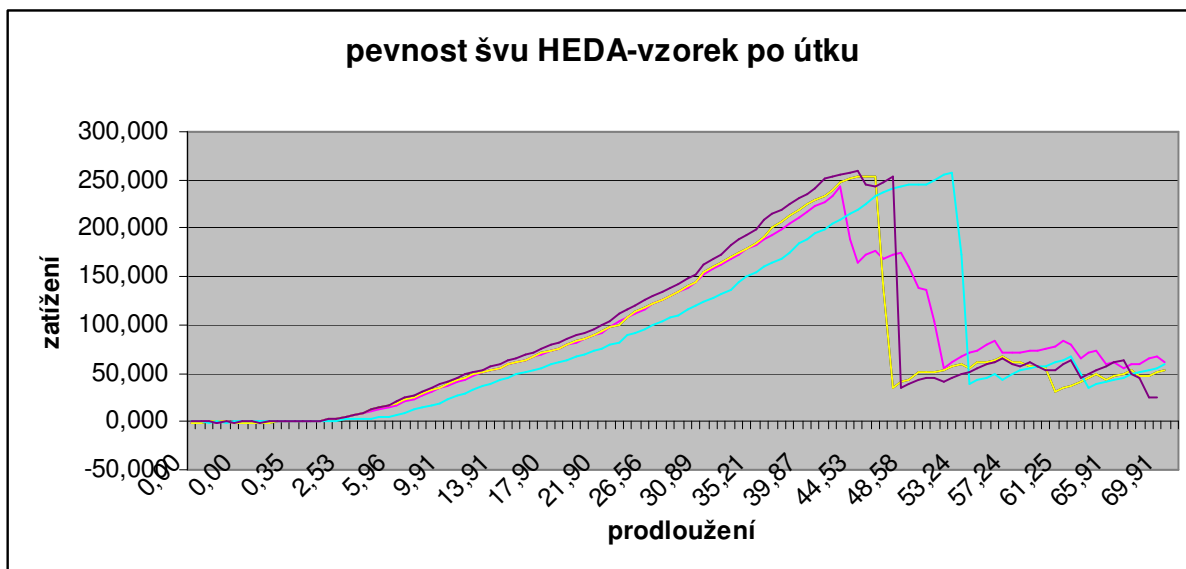
S porovnáním se vzorky stříženými po útku je prodloužení u vzorků stříženými po osnově o něco menší, pohybuje se kolem 50mm. Ovšem jak již bylo dříve zmíněno, nemá to výrazný vliv na požadavky, které jsou kladeny na pevnost materiálu a švu. Hodnoty pevnosti při přetržení se pohybují kolem 350 N a jsou rovněž velmi ustálené a pohybují se bez výrazných výkyvů. Co ale bylo zarážející vzhledem ke stále stejnému postupu prováděného měření, hodnoty pevností osnovních měření jsou nižší než útkové. Jelikož se tento výsledek projevil pouze u tohoto měření, bylo by určitě užitečné se jím více zabývat.

Při pohledu na testované vzorky (viz příloha 2) je evidentní, že k přetrhu dochází vždy těsně u švu, tam, kde materiál přechází z přeplátovaného švu na plochu materiálu. To je zřejmě neslabší místo v pevnosti celého švu. K přetrhu dochází ale až za velmi vysokých pevností a až závěrečné testy celého záložního padáku prokážou skutečné problematické a rizikové oblasti vrchlíku záložního padáku.

Cílem měření bylo zjištění pevnosti švu za použití standardního přeplátovaného švu s nití Heda. Naměřené hodnoty jsou optimální vzhledem k požadované pevnosti. Důležité je si uvědomit, že prodloužení vyjadřuje určitou pružnost švu. Proto je nutné brát zřetel při výběru nitě, aby nit měla přibližně stejnou pružnost jako materiál.

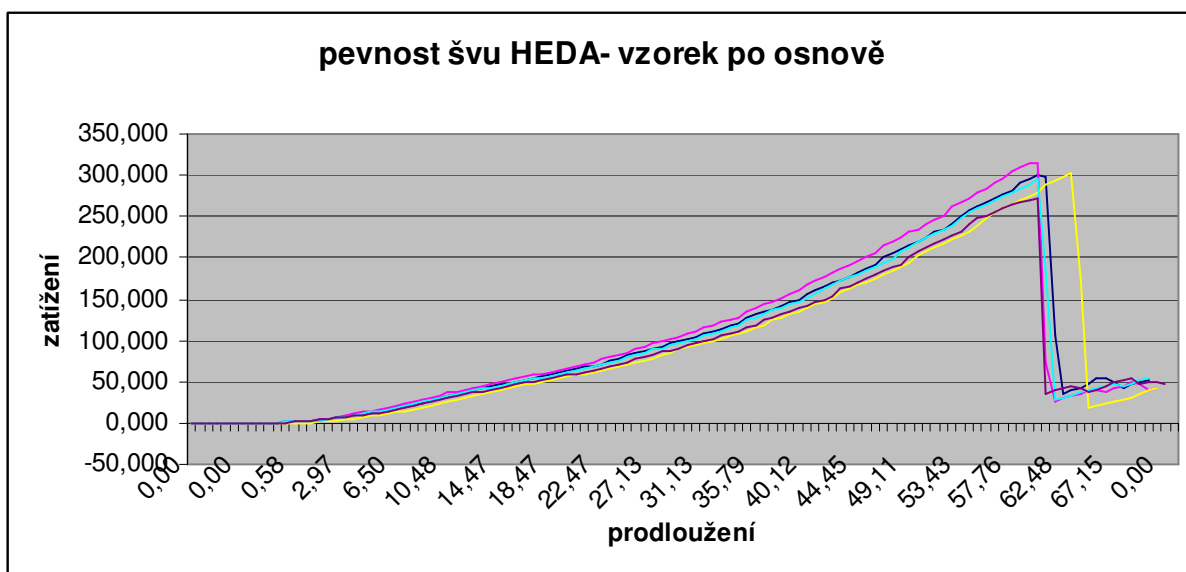
7.1.2 Materiál PN9

Následné měření je stejného charakteru, ale s použitím nového testovaného materiálu s obchodním označením PN9. Vzhledem k dřívějšímu měření pevnosti je zřejmé, že materiál bude vykazovat nižší pevnosti. Cílem měření je srovnání standardně používaného materiálu s novým testovaným materiálem, s použitím nitě Heda a zakládaným přeplátovaným švem.



Obr. 23 Pevnost švu HEDA – vzorek po útku

Tento materiál vykazuje podstatně nižší prodloužení. Hodnoty v grafu na obrázku 23 jsou v rozmezí 42 až 48 mm. V porovnání s materiálem 9082 jsou nižší, taktéž pevnosti při přetržení jsou při jednotlivých měřeních podstatně nižší. V průměru se jedná o 250 N. To ale ovšem neznamená, že by tento materiál, s tímto druhem švů a nití nebyl vhodný k výrobě záložního padáku. Otestování při závěrečných testech prokáže, zda jsou tyto hodnoty dostačující. Z některých křivek jednotlivých měření je zřejmé, že docházelo k lehkým nestálostem po přetrhu, ale naměřené výsledné hodnoty jsou stabilní povahy, tudíž nebude k těmto nestálostem přikládán větší důraz.



Obr. 24 Pevnost švu HEDA – vzorek po osnově

Podstatně nižší hodnoty se také vyskytují v grafu na obrázku 24 u vzorků švů střižených po osnově. Jedná se o prodloužení kolem 60mm a pevnosti při přetržení v průměru okolo 298N. Na druhou stranu tento graf představuje ukázkovou formu křivky, která stoupá až k meznímu bodu zatížení než dojde k přetrhu švu. Naměřené hodnoty pevností jsou velmi ustálené a kumulují se kolem hodnoty přetrhu jen s velmi malými rozdíly. Maximální pevnost je 314N a minimální je 273N, což značí rozdíl jen 41N, a proto i tento materiál PN9 dokazuje určitou stabilitu v zatížení.

7.1.3 Shrnutí

Následným srovnáním v tabulce 2 je vystiženo, že pevnost švů materiálu 9082 vykazuje, stejně jako samotný materiál, podstatně vyšší hodnoty než materiál PN9.

Tab. 2 Porovnání pevností švů – nitě HEDA

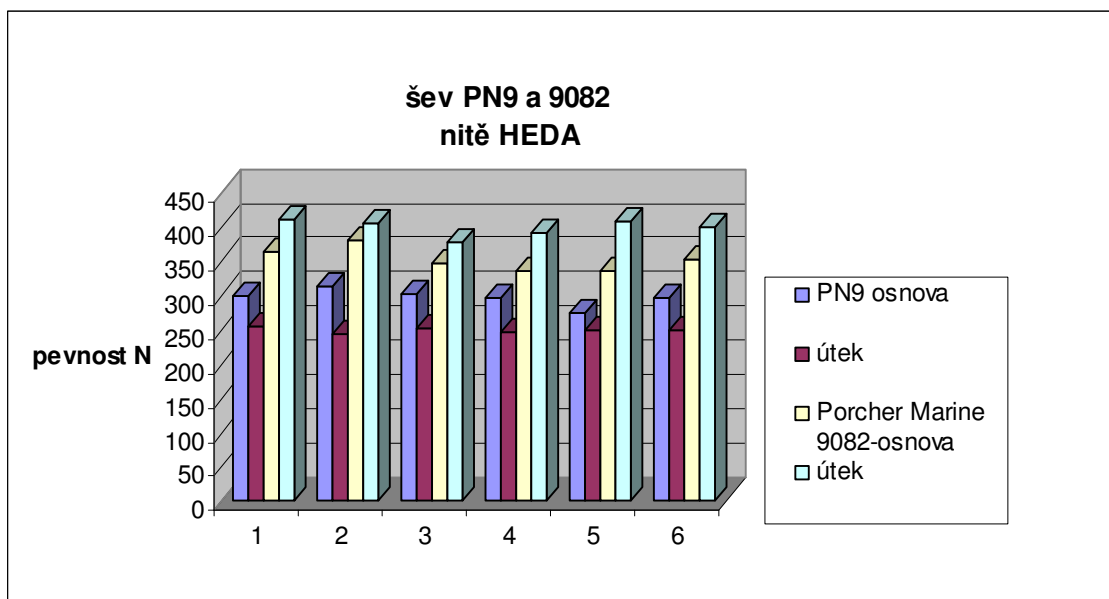
číslo zkoušky	PN9	
	pevnost N	
	osnova	útek
1	299	254
2	314	243
3	302	251
4	295	246
5	273	250
průměr	296,6	248,8

Číslo zkoušky	9082	
	pevnost N	
	osnova	útek
1	363	412
2	379	404
3	347	378
4	336	392
5	335	407
průměr	352	398,6

Cílem měření pevností švů těchto vzorků bylo srovnání běžně používaného materiálu s novým typem materiálu, který by měl být rovněž vhodný pro výrobu vrchlíku záložních padáků. Požadovaná pevnost spoje není nikterak definovaná, spodní hranice pevnosti nejsou nikde uvedeny ani limitovány. Z toho vyplývá, že materiál PN9 se v podstatě při zatěžování chová naprosto stejně jako materiál 9082, nevyniká nestabilními hodnotami, prodloužení je obdobné, jen hodnoty pevností jsou nižší, což se ale předpokládalo.

Dále je možno říci, že u obou materiálů je znatelné trhání švu pravidelně v určitém místě. K přetrhu dochází vždy těsně u švu, tam, kde materiál přechází z přeplátovaného švu na plochu materiálu. Proto následně záleží na výrobci, zda se rozhodne materiál PN9 použít a nechat otestovat v závěrečných testech.

V grafu na obrázku 25 lze sledovat znázornění pevnosti švů s nití Heda.



Obr. 25 Porovnání pevností švů –nitě HEDA

Na ose X jsou uvedena jednotlivá měření, která byla v počtu pěti, šesté měření obsahuje celkový průměr. Osa Y představuje hodnoty pevnosti. Barevné sloupce znázorňují měření po osnově a útku obou materiálů - PN9 a 9082. Graf přehledně zobrazuje nejvyšší dosahované pevnosti, které jsou v rámci útkových nití 9082 a nejnižší pevnosti prokazují útkové nitě PN9.

7.2 Alternativní řešení s nitěmi Synton

Cílem této kapitoly je navrhnout řešení ke zvýšení pevnosti materiálu PN9 a to na základě zvolení nití Synton, jehly s menším průměrem pro vpich a změny velikosti stehu. Zároveň je cílem otestovat, nakolik se změní pevnostní vlastnosti materiálu 9082, který bude testován stejným způsobem.

Šev ponecháme osvědčený zakládaný přeplátovaný, který patří mezi nejpevnější typ spojování pomocí švů. Navíc se osvědčil ve výrobě, kde za použití aparátu se tento druh švu šije rychle a přesně. Za těchto předpokladů nebudeme šev měnit.

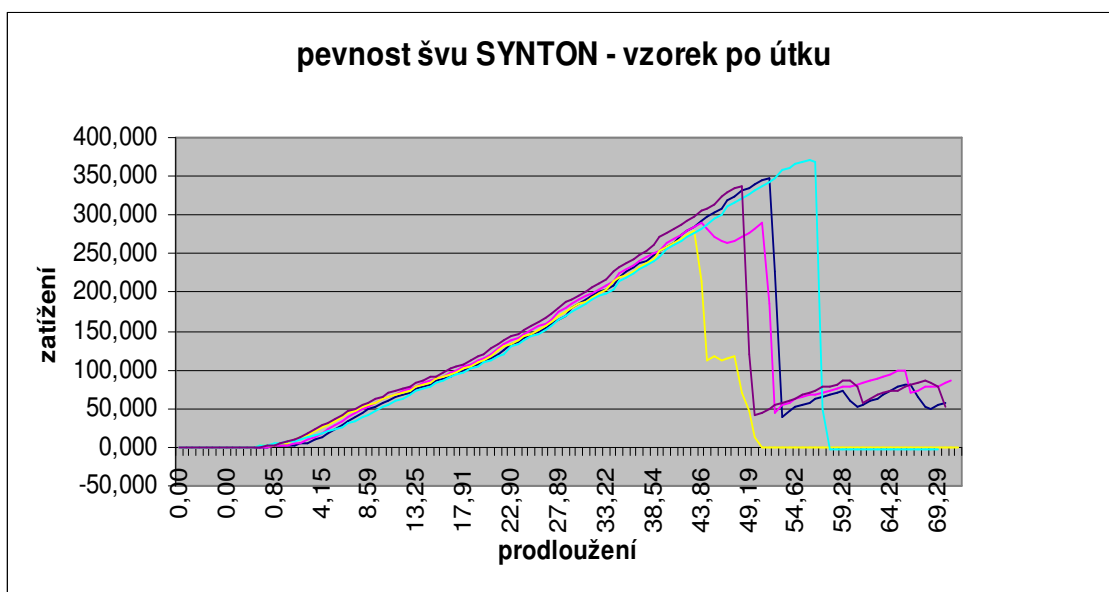
Jehlu zvolíme tenčí a to Nm 100. Vpichy do materiálu budou menšího průměru a tudíž se bude eliminovat možné narušení materiálu. Dále jsme se po vzájemné domluvě s firmou Easy Fly s.r.o rozhodli pro zmenšení stehu ze 4,5 mm na 3,3 mm.

Nitě byly vybrány od firmy Amann s.r.o. s obchodním označením Synton 60. Patří mezi mnohostranně použitelnou, vysoce pevnou, plně syntetickou technickou nit. Kromě vysoké měrné pevnosti vyniká výtečnou stejnoměrností a univerzální odolností a stabilitou. Nitě mají vysokou stálobarevnost na světle, jsou odolné vůči oděru, vlhkosti a povětrnostním vlivům. Výrobce zabezpečuje i bezproblémové šití v náročných podmínkách při vyšších rychlostech. Nit nemá sklon ke smyčkování a při přestřihu se nerozkrucuje. [13] To jsou důležitá kritéria pro šití padákových vrchlíků, kdy se provádí minimální zapošívání a vyžaduje se stejná pevnost švu v jakémkoliv místě šití. Jak dále vyplývá, měly by být tyto nitě vhodnější i pro výrobce řešící problémy se smyčkováním a následným trháním nití při šití dvoujehlovým šicím strojem. Na testování švu a vzhledem k síle jehly je pro měření vzorek použit konkrétně typ nitě Synton 60.

Na základě předchozího měření jsme schopni porovnat, jestli tato úprava ve stavbě švového provedení, bude mít vliv na požadovanou pevnost.

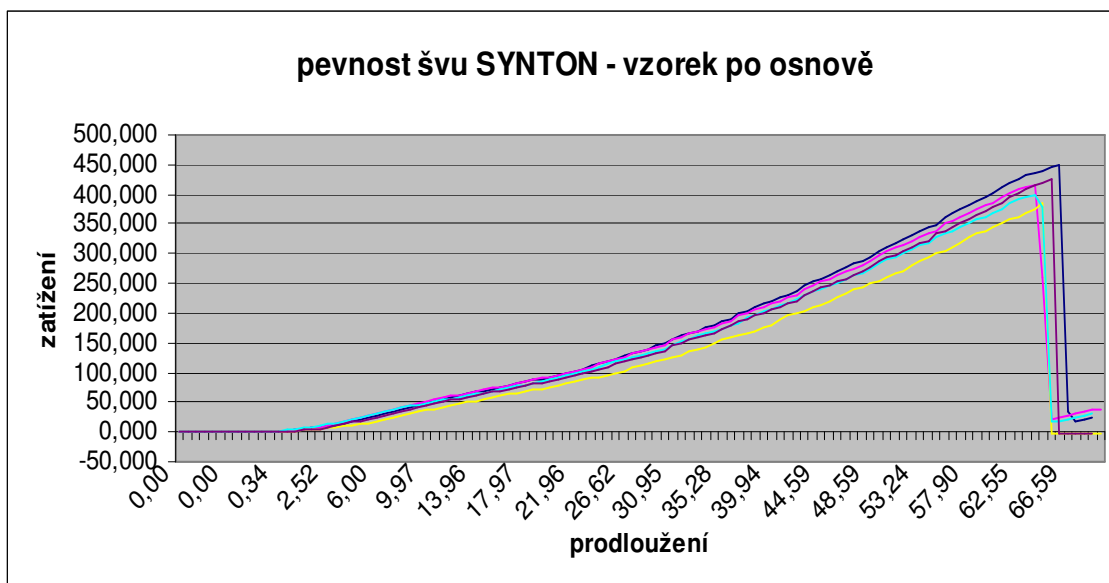
7.2.1 Materiál 9082

Vzorky byly připravovány stejně jako v minulém měření. To znamená dle zadání normy ČSN EN ISO 13935-1 Textilie - Zjišťování maximální síly do přetrhu švu [6]. Byly uchystány vzorky v útkovém i osnovním směru v četnosti po pěti kusech. Opět byly vzorky uchycovány do čelistí a vystavovány zatížení za stejných podmínek i parametrů jako v předchozím měření.



Obr. 26 Pevnost švu SYNTON – vzorek po útku

První měření bylo provedeno na materiálu 9082 na vzorcích střižených po útku. Výsledky měření jsou znázorněny v grafu na obrázku 26. Pevnosti při přetržení dosahují v průměru kolem 325N a prodloužení kolem 50 mm. Jednotlivá měření jsou místy kolísající, ale je to až ve fázi po přetrhu, tudíž není potřeba k tomu vyvozovat žádné závěry, ani to nijak neovlivňuje výsledky měření. I tak ale bylo očekáváno, že rozdíly v pevnosti mezi jednotlivými měřeními nebudou dosahovat takového rozpětí, jak je vidět v tabulce.

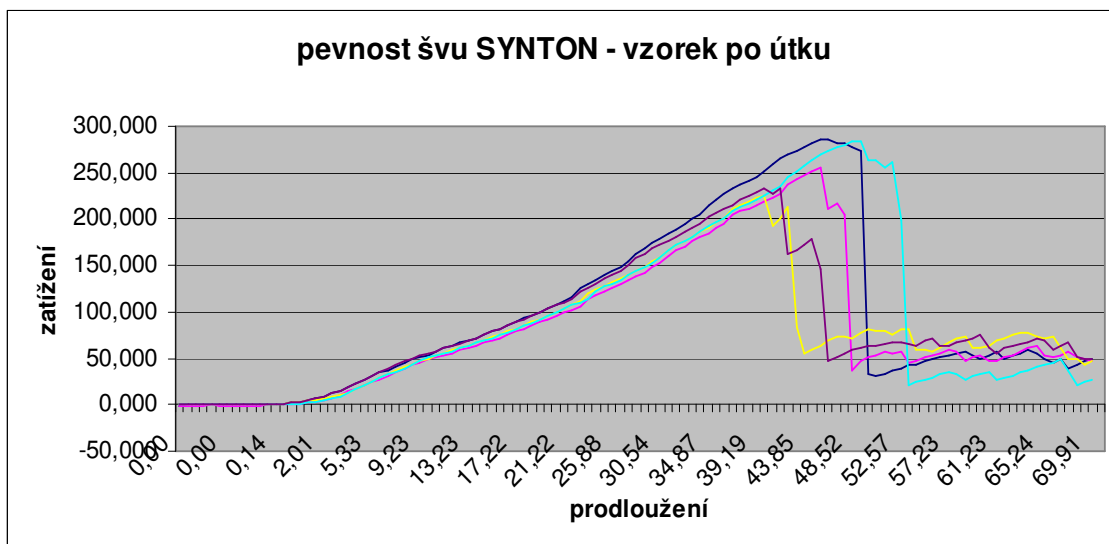


Obr. 27 Pevnost švu SYNTON – vzorek po osnově

Zaznamenané výsledky v grafu na obrázku 27 zachycují měření se vzorky střiženými po osnově a dosahují vyšších hodnot prodloužení a to kolem 65 mm. Taktéž pevnosti při přetržení jsou zvýšené a to až na 414N v průměru z naměřených hodnot. Naměřené hodnoty jsou rovněž stabilní, rozdíly naměřených výsledků jsou zanedbatelné. Maximální pevnost při přetržení byla naměřena až 448N, což dokazuje vysoké pevnosti. V porovnání s grafem na obrázku 26 toto měření zcela naplnilo očekávané hodnoty.

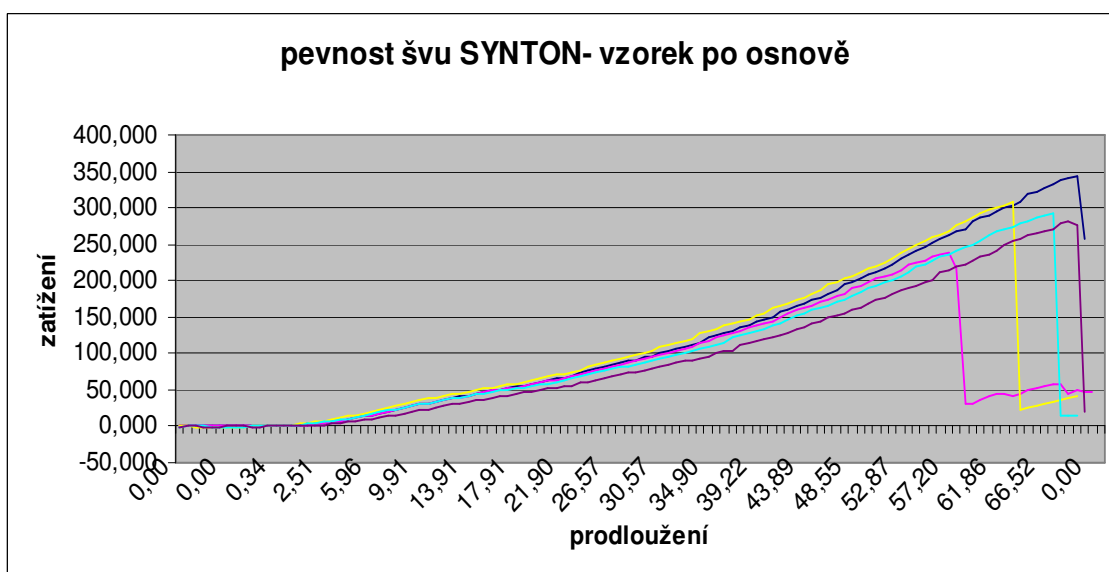
7.2.2 Materiál PN9

Následující test se měl stát pro firmu Easy Fly s.r.o. rozřešením jejich zájmu o nový typ materiálu pro výrobu záložních padáků. Jak ale ukazují výsledky grafů na obrázcích 28 a 29, samotná kvalita nití nemůže nijak zvýraznit požadovanou pevnost spoje.



Obr. 28 Pevnost švu SYNTON – vzorek po útku

U materiálu PN9 u vzorků střižených po útku s použitím nití Synton 60 se dosahuje prodloužení s hodnotami okolo 45 mm a pevností při přetržení 255N. Stejně jako u předchozího měření materiálu 9082 u vzorku po útkovém směru i zde dochází k nejasnému chování vzorku po přetrhu. Z grafu i z naměřených dat jsou však znatelné nejvyšší dosažené hodnoty, tudíž nebude nutné se tímto podrobněji zabývat. Výsledné hodnoty zatížení jsou v úzkém rozmezí mezi 234N - 285N, což je velice podobné i měřením tohoto materiálu s nitěmi Heda.



Obr. 29 Pevnost švu SYNTON – vzorek po osnově

U vzorků připravených po osnově z materiálu PN9 je hodnota pevností při přetržení 293N a prodloužení roste s tahem a je kolem 67 mm. Z grafu je znatelné, že jedno měření se odchyluje od ostatních, ale křivka se zdá táhlá a pravidelná, tudíž nikterak výrazně neovlivňuje celkové výsledky.

7.2.3 Shrnutí

V následujícím tabulkovém srovnání je zřejmé, že bezpochyby i v tomto měření je pevnější ve švu materiál 9082. Opět to ale nemění nic na tom, že by při závěrečných testech neuspěl i materiál PN9. I tady je dosahováno pevností, které by mohly být dostačující při testování záložního padáku.

Co je ale v tabulce 3 zajímavé, je, že u materiálu PN9 je menší rozdíl mezi pevností osnovy a útku, který je 39N, zatímco u materiálu 9082 je tento rozdíl mezi osnovními a útkovými vzorky mnohem větší a to 90N. Lze z toho vyvodit závěr, že u materiálu, který vykazuje obecně nižší pevnosti a to PN9, je použití kvalitnější nitě Synton 60 ve výsledcích znatelně výraznější. Tudíž lze předpokládat, že použití materiálu PN9 by vyžadovalo nitě s lepšími vlastnostmi, co se pevností a prodloužení týče.

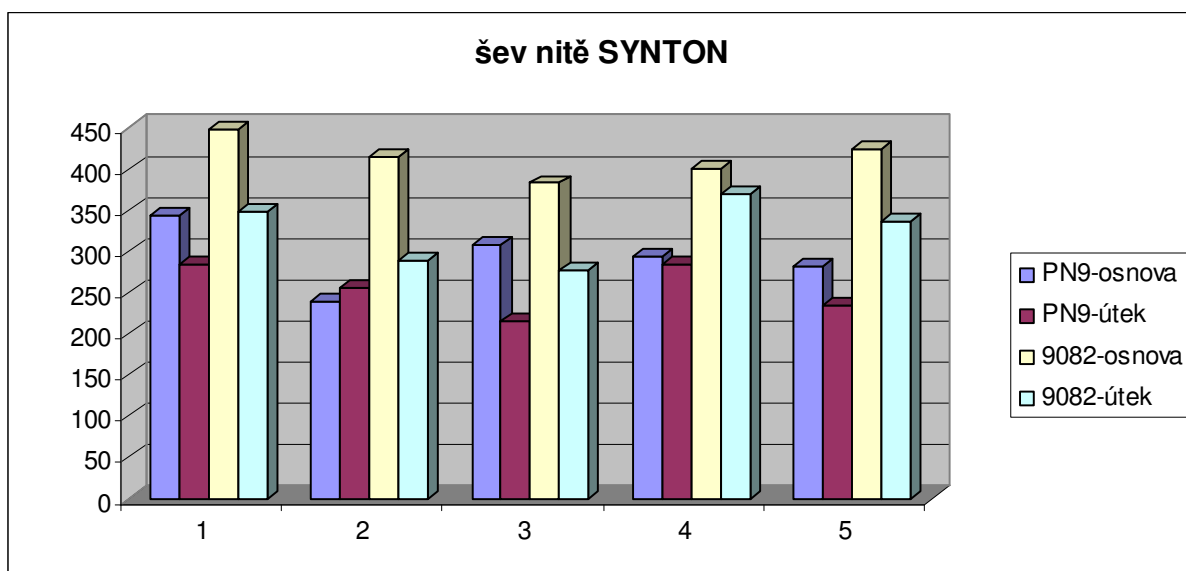
Tab. 3 Porovnání pevností švů – nitě SYNTON

číslo zkoušky	PN9	
	pevnost N	
	osnova	útek
1	343	285
2	239	256
3	308	215
4	293	284
5	283	234
průměr	293,2	254,8

číslo zkoušky	9082	
	pevnost N	
	osnova	útek
1	448	348
2	416	289
3	383	278
4	400	370
5	424	336
průměr	414,2	324,2

Cílem tohoto měření bylo ověřit alternativní hypotézu, zda při použití jiné nitě, menšího stehu a tenčí jehly bude dosaženo zvýšené pevnosti, jakožto naplnění požadavku při výrobě záložního padáku. V podstatě lze konstatovat, že při testování se výsledky výrazněji projeví u materiálu s nižší pevností, kde mají možnost se znatelně projevit a ovlivnit pevnost švu.

Zkoušené vzorky byly v průběhu měření pozorovány a bylo zjištěno, že k přetrhu při maximální pevnosti opět dochází na hraně přechodu švu do plochy. Stejně poznatky byly zaznamenány i v předchozím měření při použití nitě Heda 30. Z toho lze usoudit, že šev je i s nití Heda 30 dostatečně pevný a odolává zatížení. Tudíž lze konstatovat, že požadovaná pevnost spoje je zaručena i při použití nití tuzemského výrobce. Protože pokud nedojde k přetrhu materiálu přímo ve švu, případně k popraskání nití a následné destrukci celého švu, lze tento šev považovat za dostatečný a vyhovující. Hypoteticky se usuzuje, že pevnost švu musí být větší než pevnost materiálu. To se v tomto případě testování a zhodnocením výsledků prokázalo, tudíž lze s jistotou tvrdit, že pevnost švů je dostačující a optimálně nastavena.



Obr. 30 Šev nitě SYNTON

Pro představu jednotlivých pevností švů s ohledem na osnovu nebo útek slouží graf na obrázku 30 vyjadřující pevnost švů s použitím nitě Synton 60. Nejvyšších pevností dosahují vzorky stříhané po osnově u materiálu 9082, kde hodnoty pevností při

přetrhu jsou až 414N. Naopak nejnižší pevnost švů má vzorek materiálu PN9 stříhaný po útku.

Nelze to však takto jednoduše definovat a učinit z toho jednoznačný závěr. Vše se odvíjí od základních parametrů, ušití a otestování dle platných norem.

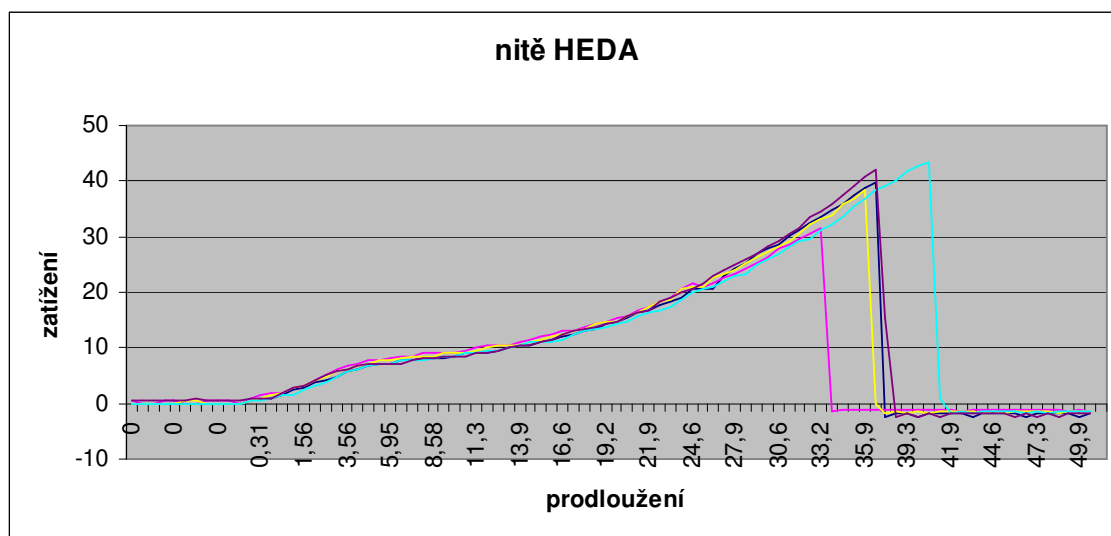
7.3 Zhodnocení nití pro testované švy

Aby bylo možné řádně zhodnotit nitě, které byly použity v testovaných spojkách, a to Heda 30 a Synton 60, nabízí tato kapitola grafy pevností jmenovaných nití, jejichž výsledky se promítnou do závěrečného posouzení.

Dále je cílem této kapitoly shrnutí a jasné, přehledné srovnání švů s použitím nitě Heda 30 a Synton 60. Následují závěry, jestli se dosahuje vyšší pevnosti za použití tenčí jehly, kratšího stehu a především jednoznačně kvalitativně lepší nitě Synton 60.

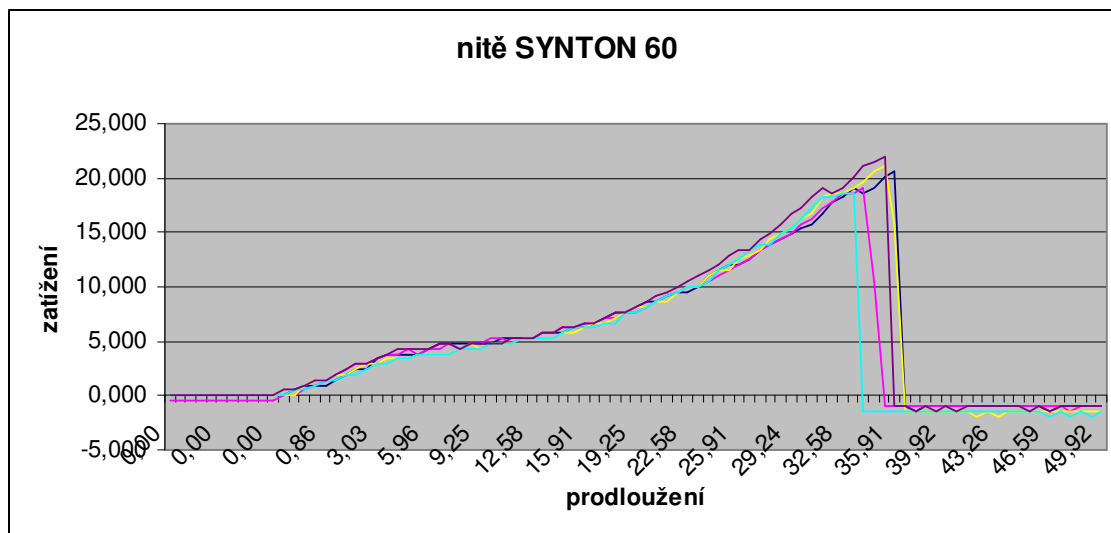
7.3.1 Analýza pevnosti nití

Vzorky byly připravovány dle normy ČSN EN ISO 2062 Textilie-nitě na návinech-zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu. [7] Upínací délka byla stanovena na 250mm, konce upnuty do čelistí určených pro tento druh měření. Opět se pracovalo s počtem pěti kusů vzorků od jednoho druhu nitě.



Obr. 31 Analýza pevnosti nití HEDA

Při prvním měření byly použity vzorky nitě Heda 30. Z grafu na obrázku 31 je zřejmé, že pevnosti při přetrhu dosahují hodnot kolem 40N. Prodloužení se kumuluje okolo hodnot 36 mm. Tahová křivka je plynulá, bez jakýchkoli kolísání.

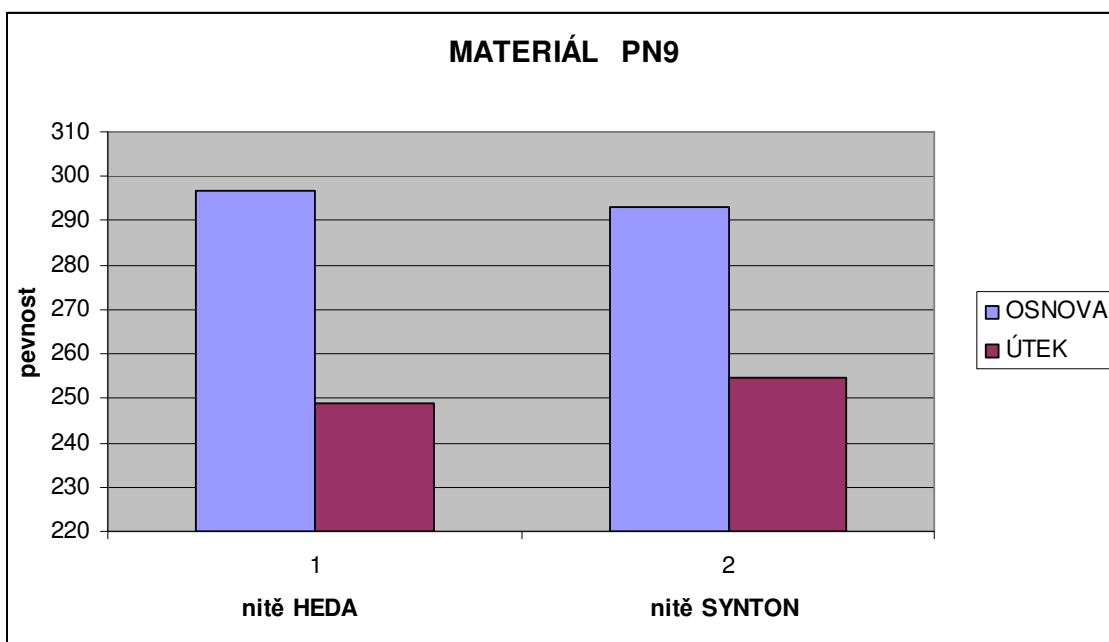


Obr. 32 Analýza pevností nití SYNTON 60

Graf na obrázku 32 představuje naměřené hodnoty nitě Synton 60. Pevnost při přetrhu je přibližně okolo 20N, což je podstatně nižší než u nitě Heda 30. V tomto případě je však důležité prodloužení, které je kolem 35 mm. To znamená, že tato nit vykazuje při dané pevnosti mnohem větší prodloužení. V podstatě je pružnější. To je ovšem v tomto případě důležité zjištění, protože pokud mezi požadavky na pevnost švů patří přibližně stejná pružnost materiálu a nití z důvodu odolávání silovým nárazům při prudkém otevření vrchlíku záložního padáku, je toto důležitým parametrem.

7.3.2 Analýza pevností švů s danými nitěmi

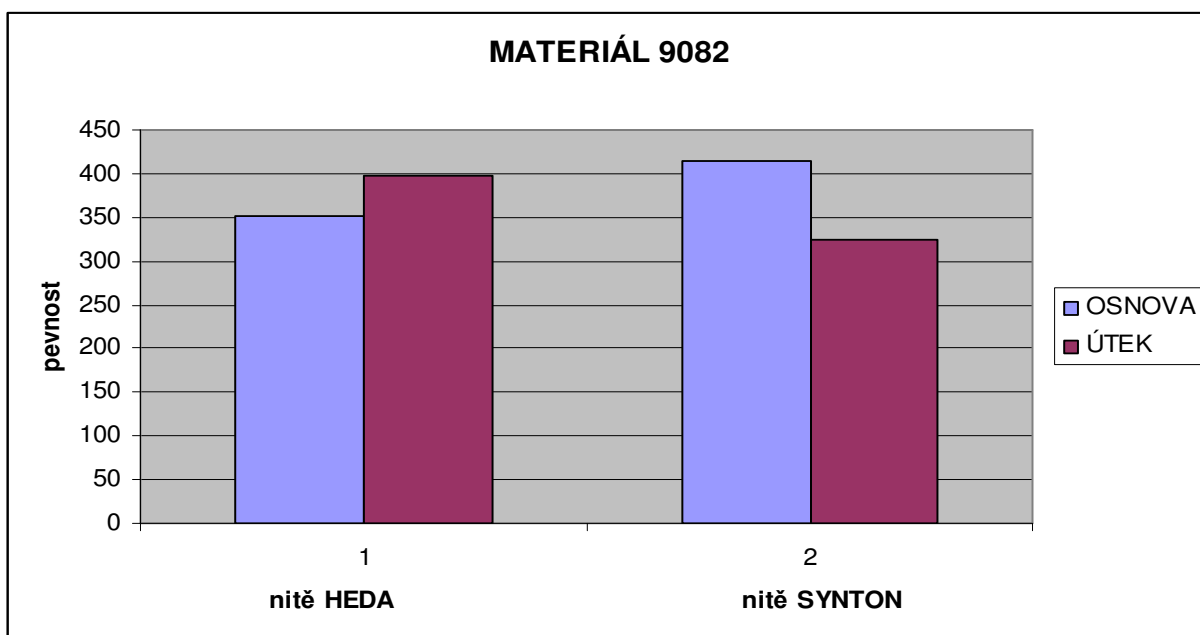
Cílem tohoto srovnání je pomocí grafů na obrázcích 33 a 34 znázornit, jak nit ovlivňuje pevnost spoje u jednotlivých testovaných materiálů. Důležitým zjištěním je u nití Heda 30 zachování pevnosti i u tabulkově slabšího materiálu a zároveň zvýšení pružnosti ve výsledcích pevností švů za použití nití Synton 60, ať už se jedná o materiál 9082 nebo PN9.



Obr. 33 Pevnost švů u materiálu PN9

V grafu na obrázku 33 je přehlednou formou zpracované srovnání pevností švů u materiálu PN9 s použitím dvou vybraných nití. Na ose X je znázornění dvou typů nití, osa Y představuje zatížení.

Pokud dochází ke srovnání hodnot naměřených u materiálu PN9, lze dojít k závěru, že rozdíl je značný především u vzorků připravených po osnově a po útku. Mezi vzorky šitými rozdílnými nitěmi lze obecně shledat jen nepatrný rozdíl. Avšak nitě Synton 60 se vyznačují větší pružností, jak bylo zjištěno v předchozím měření. Proto je možné s ohledem na zjištěné skutečnosti usoudit, že co se týká pevností, nitě pevnost výrazně neovlivní, ale podstatně zůstává, že zvyšují celkovou pružnost daného švu, což by mohlo materiálu PN9 pomoci v závěrečných testech k lepším hodnotám.



Obr. 34 Pevnost švů u materiálu 9082

Graf na obrázku 34 vyjadřuje podobné srovnání, týkající se ale materiálu 9082. Opět je zde na ose X odlišení nití Heda a Synton spolu s vyznačením osnovních a útkových vzorků. Osa Y značí zatížení. Zde je zajímavé, že rozdíly mezi osnovními a útkovými vzorky nejsou až tak velké, hodnoty dosahují vyšších pevností.

ZÁVĚR

Na základě testování a vyhodnocení výsledků této práce se dá usoudit, že pevnost spoje je závislá na více faktorech, které ovlivňují jeho pevnost. Jednak se jedná o samotný materiál, který musí samozřejmě odpovídat účelu použití, následnou volbu vhodné nitě, která musí mít přibližnou pružnost jako je pružnost materiálu z důvodu stejného chování při namáhání. Pevnost spoje lehce může ovlivnit i jehla a velikost stehu.

Další zjištěním je poznání, že nelze jednoznačně definovat, s jakou pevností spoje je materiál schopný odolat prudkým silovým nárazům při otevření záložního padáku. Hodnota pevnosti, která by přesně limitovala její hranice neexistuje. Výrobce si vybírá materiál až s ohledem na závěrečné testy.

Firma Easy Fly s.r.o. v Prostějově se výrobou a vývojem záložních padáků zabývá už řadu let. Její požadavek na otestování nového materiálu spolu se zadáním této práce, kde se měly najít alternativy spojů materiálů přineslo spolupráci, která vedla k zajímavým výsledkům.

Při testech bylo pracováno se standardně používaným materiálem 9082. Z důvodů srovnání a vyhodnocení alternativ se použil nový materiál PN9, o jehož výsledky měla zájem i sama firma. V první fázi došlo k otestování materiálu z hlediska pevnosti. Z toho vyplynul výsledek, že ačkoliv je materiál 9082 schopný pevnějšího spoje, měření nevyloučilo materiál PN9 z dalšího testování. Jeho výsledky sice nabyly nižších hodnot, ale vzhledem k nedefinované minimální hranici pevnosti se jeho hodnoty ukazovaly pro další testy dostačující.

Tématem této diplomové práce byla především pevnost spoje. Po tom, co se ukázalo, že oba materiály jsou vhodné, byly postoupeny k samotnému testování pevnosti spoje s dosud používanými nitěmi Heda a pro zvýšení pevnosti spoje navrženými nitěmi Synton. Současně bylo zamýšleno při testování použít tenčí jehlu a kratší steh. Předpokládalo se, že tato inovace se výrazně projeví v pevnosti spoje díky hustšímu provázání stehu a menšímu průměru vpichu jehly.

Výsledky měření tento předpoklad splnily jen částečně. Dosahovaná pevnost spoje s použitím kvalitativně lepší nitě Synton nebyla dle očekávání. Hodnota pevnosti byla srovnatelná s hodnotou pevnosti standardně používaných nití Heda. To vedlo k dalšímu rozšíření rozboru o testování pevnosti samotných nití. Tyto testy už přinesly

uspokojující a vše vysvětlující výsledky. Při zachování stejné pevnosti nabývají nitě Synton obdobných hodnot pevností jako nitě Heda, ovšem vykazují mnohem větší prodloužení. Tento parametr, kterým se tato práce ale nezabývala, přináší do pevnosti spoje kvalitu, kterou nelze opomíjet.

Z uvedených zjištění lze konstatovat, že pokud by došlo k použití materiálu PN9, je vhodnější použít nitě Synton, které vyrovnají snížené hodnoty pevností pružností kvalitnější nitě. U materiálu 9082 se nitěmi Synton sice navýší kvalita spoje, nicméně při použití nitě Heda se rovněž dosahuje požadované pevnosti.

Závěrem snad už jen, že průzkumem a vzhledem do teorie a praxe paraglidingu je možno říci, že pokud se rozhodnete tuto svobodnou zábavu svobodných lidí vyzkoušet, rozhodně se nemusíte v oblacích o svou bezpečnost bát.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] Plos,R. : Paragliding. Cheb:Svět křídel, 1999.
- [2] Jindra,J. a kol.: Letová místa. Cheb:Svět křídel, 1997.
- [3] Dvořák,P.: Paragliding manuál. Cheb:Svět křídel, 2003.
- [4] Paragliding equipment-Emergency parachutes DIN EN 12491
- [5] EN ISO 13934-1 Textilie - Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip.
- [6] ČSN EN ISO 13935-1 Textilie - Zjišťování maximální síly do přetrhu švu
- [7] ČSN EN ISO 2062 Textilie-nitě na návinech- zjišťování pevnosti a tažnosti jednotlivých nití při přetrhu
- [8] <http://www.quido.cz/objevy/padak.htm>
- [9] <http://padak.navajo.cz/>
- [10] <http://cs.wikipedia.org/wiki/Paragliding>
- [11] <http://www.porcher-ind.com>
- [12] <http://www.sky-cz.com>
- [13] http://www.amann.cz/cz/katalog/frame_katalog.html
- [14] http://www.hedva.cz/nite/sortiment/?polyamidove_nite
- [15] http://www.kitesurfing.cz/para_vyber.php

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1: vzorky materiálu 9082 a PN9

Příloha 2: vzorky švů z trhacího stroje

Příloha 3: vzorky nití Heda 30 a Synton 60

Příloha 4: materiálový list Porcher Marine

Příloha 5: nákres a popis testovacího zařízení pro testování pádu

PŘÍLOHA 1

MATERIÁL 9082

MATERIÁL PN9

PŘÍLOHA 2

VZOREK Z MĚŘENÍ PEVNOSTI ŠVU MATERIÁLU 9082 PO
PŘETRHU

VZOREK Z MĚŘENÍ PEVNOSTI ŠVU MATERIÁLU PN9 PO
PŘETRHU

PŘÍLOHA 3

VZOREK NITĚ HEDA 30

VZOREK NITĚ SYNTON 60

PŘÍLOHA 4

Product range

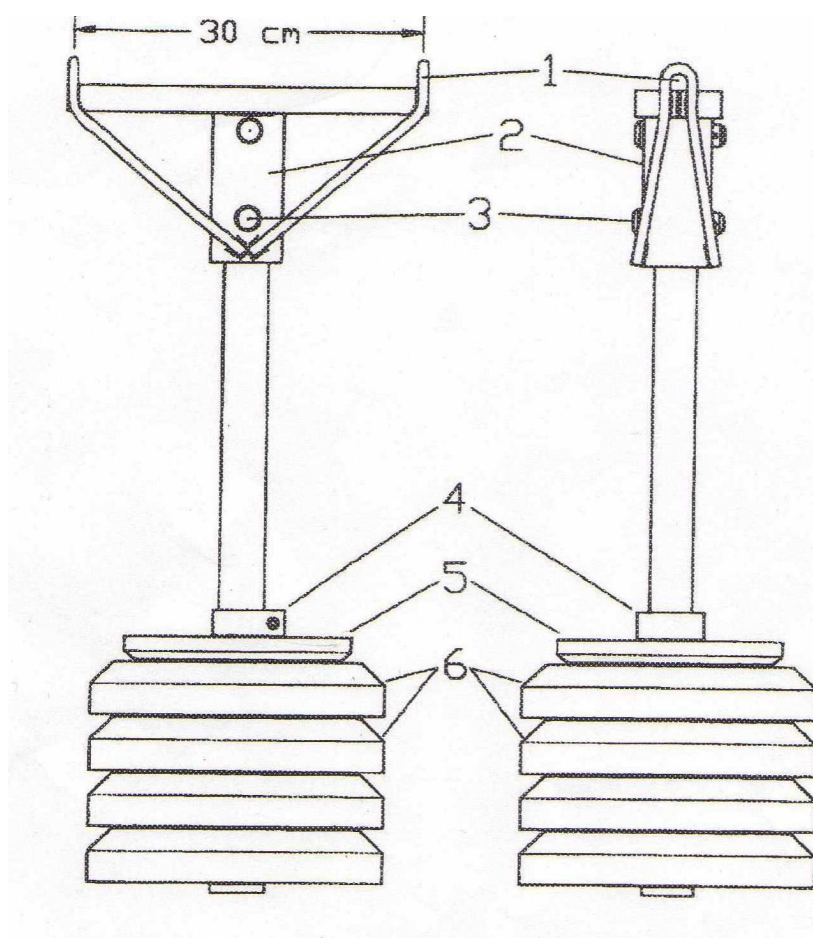


STANDARDS			9081		9082
Weight		g/m ²	36 - 42	36 - 40	38 - 42
Breaking strength	warp	N/5cm	440	450	490
	filling			380	450
Elongation	warp	%	20	20	
	filling		30	30	
Tearing strength	warp	N		22	23
	filling				23
Stitch tearing strength	warp	N	50		
	filling				
Air permeability	Original at 125 Pa		410 - 610	<120	<15
Width	Finish	cm	920 / 1520	1600	1400/1680

New products			Porcher PN1	Porcher PIA-C 44378	Porcher PN4	Porcher PN9	
Weight		g/m ²	42	41	44-48	31,9	
Thickness		μm	0,076	0,076	0,075		
Breaking strength	warp	N/5cm	400	400	400	409	
	filling					372	
Elongation	warp	%	20	18	29,2	20	
	filling				36,3	30,7	
Tearing strength	warp	N	22	22	58	28	
	filling					25	
Stitch tearing strength	warp	N	No spec	No spec	No spec	No spec	
	filling						
Air permeability	Original at 125 Pa		15	0,25-15		5	
	Original at 1000 Pa					0,05	
Width	Finish	cm	1230/1600	1230/1600	1230/1600	1600	

PŘÍLOHA 5

TESTOVACÍ ZAŘÍZENÍ PRO TESTOVÁNÍ PÁDU „figurína“



- 1) kotevní body zařízení sloužící na uchycení padáku
- 2) snímač hodnot
- 3) šrouby držící snímač hodnot
- 4) uchycení pro zátěžové disky
- 5) zátěžové ocelové disky s hmotností 5 kg
- 6) zátěžové ocelové disky s hmotností 20 kg